Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.
XLVII. Jahrgang. 1934. Sechstes Heft.

Kosmische und Atomkonstanten.

Von **Hans Lorenz** in Danzig.

Ersetzen wir den stofflichen und Strahlungsinhalt M des kugelförmig gedachten Weltalls durch eine radial veränderliche Massenverteilung, so ruft diese an der Oberfläche mit dem Halbmesser R und der Gravitationskonstante k eine nach der Kugelmitte gerichtete Schwerebeschleunigung $kM:R^2$ hervor. Demgegenüber erleidet ein die Kugel auf einem Großkreise mit der Geschwindigkeit c umlaufender Lichtstrahl vermöge seiner Eigenschaft als Energie — d. h. Masseträger — eine radiale Fliehbeschleunigung $c^2:R$ nach außen, deren Ausgleich mit der Schwere auf

$$kM = c^2R \tag{1}$$

führt. Die nach dem Erhalteprinzip beständige Gesamtmasse des Weltalls ist hiernach mit dem Welthalbmesser linear und eindeutig verknüpft, woraus sich sogleich die Unmöglichkeit einer aus Spiralnebelbewegungen in der nächsten Umgebung der Milchstraße durch Extrapolation bis zur Oberfläche gefolgerten Ausweitung des Weltalls ergibt. Dasselbe verhält sich vielmehr wie eine in ruhendem Gleichgewicht befindliche Gaskugel mit nach außen bis zum Verschwinden abnehmender Dichte δ, die mit dem Drucke p unter der Voraussetzung der Masseerhaltung der Kugelschichten bei der virtuellen Formänderung durch das Gesetz der von A. Ritter und H. Lane sog. Kosmogonide

$$\frac{p}{p_0} = \left(\frac{\delta}{\delta_0}\right)^{4/3} \tag{2}$$

zusammenhängt, die in unserem Falle mangels jedes äußeren Energieaustausches mit der Adiabate zusammenfällt. In diesem Gebilde besteht alsdann nach den Rechnungen von R. Emden[1] das Verhältnis der mittleren Dichte δ_m zur zentralen δ_0

$$\delta_m : \delta_0 = 1 : 54{,}3. \tag{2a}$$

Führen wir diese mittlere Dichte durch $4\pi\delta_m R^3 = 3M$ in (1) ein, so wird daraus

$$4\pi k \delta_m R^2 = 3c^2, \tag{1a}$$

so daß wir zur Bestimmung des Welthalbmessers R nur die mittlere Dichte zu kennen brauchen. Nehmen wir umgekehrt mit Eddington[2] auf Grund des linearen Geschwindigkeitszuwachses von 540 km sec^{-1} für ein Megaparsec $= 3{,}26 \cdot 10^6$ Lichtjahre der von uns wegeilenden Spiralnebel bis zur Lichtgeschwindigkeit $c = 3 \cdot 10^{10}$ cm sec^{-1} einen Weltradius von $R = 1{,}3 \cdot 10^9$ Lichtjahren (LJ) $= 1{,}13 \cdot 10^{27}$ cm an, so entspricht dem nach (1) und (1a) eine Gesamtmasse von $M = 1{,}5 \cdot 10^{55}$ g oder rund 10^{79} Protonen (je $1{,}66 \cdot 10^{-24}$ g) mit $\delta_m = 2{,}5 \cdot 10^{-27}$ g $\cdot$ cm^{-3}. Demgegenüber dürfen wir aus der Anhäufung von Spiralnebeln mit schätzungsweise je 10^{10} Sonnenmassen von $2 \cdot 10^{33}$ g in der Umgebung der Milchstraße schließen, daß diese sich auf einen Würfel von etwa 10^6 LJ $= 9{,}5 \cdot 10^{23}$ cm Seitenlänge verteilen, woraus eine lokale Dichte von $\delta = 2{,}4 \cdot 10^{-29}$ g $\cdot$ cm^{-3} folgt. Nun befinden wir uns mit der Milchstraße angesichts der Nebelanhäufung sicher viel näher der Weltkugelmitte als der Oberfläche mit

[1] R. Emden: Gaskugeln. 80. Leipzig 1907.

[2] Sir A. Eddington: Dehnt sich das Weltall aus? (The Expanding Universe) 1933. Vgl. auch H. Weyl: Universum und Atom. Naturwiss. **20**, 145 (1934). O. Mathias: Über die Beobachtungsgrundlagen der Hypothese von der Ausdehnung des Weltalls. Zeitschr. physik. chem. Unt. **47**, 83 (1934).

völlig verschwindender Dichte, do daß der soeben gewonnene Wert der mittleren Dichte jedenfalls viel näher kommen dürfte, als der aus dem Zurückweichen der Nebel mit dem Weltradius von $1{,}3 \cdot 10^9$ LJ oben erhaltene 100mal so große, der mit der schon bemerkten Unmöglichkeit der Weltausweitung ohnedies hinfällig wird. Wir wollen darum zunächst mit $\delta_m = 2{,}4 \cdot 10^{-29}$ g·cm^{-3} die Rechnung durchführen, dann aber als Grenzfall uns in die Kugelmitte versetzt denken, so daß der letzte Wert mit δ_0 übereinstimmt und nach (2a) $\delta_m = 4{,}4 \cdot 10^{-31}$ wird.

Alsdann erhalten wir mit $\delta_m =$	$2{,}4 \cdot 10^{-29}$ g·cm^{-3};	$4{,}4 \cdot 10^{-31}$ g·cm^{-3}
den Welthalbmesser	$R = 1{,}23 \cdot 10^{10}$ LJ $= 1{,}16 \cdot 10^{28}$ cm;	$9{,}1 \cdot 10^{10}$ LJ $= 8{,}5 \cdot 10^{28}$ cm
Weltraum $V = \frac{4}{3}\pi R^3 =$	$6{,}55 \cdot 10^{84}$ cm^3;	$2{,}62 \cdot 10^{87}$ cm^3
Gesamtmasse $M = V \cdot \delta_m =$	$1{,}57 \cdot 10^{56}$ g;	$1{,}16 \cdot 10^{57}$ g
Protonen = Elektronenzahl $N =$	$0{,}95 \cdot 10^{80}$;	$7 \cdot 10^{80}$.

Aus diesen Zahlen entnehmen wir, daß der Welthalbmesser und die gesamte Protonenzahl von der Größenordnung 10^{28} cm bzw. 10^{80} sind. Schreiben wir dafür auf Grund der Erfahrungstatsache, daß das Weltall sich elektrisch neutral verhält, also nur aus der gleichen Zahl N entgegengesetzt geladener Protonen und Elektronen mit den Massen $m' = 1{,}66 \cdot 10^{-24}$ g; $m'' = 9 \cdot 10^{-28}$ g besteht,

$$M = N(m' + m''), \tag{3}$$

so geht (1) über in

$$kN(m' + m'') = c^2 R, \tag{1b}$$

woraus sich die sog. Schwerehalbmesser

$$r_1 = \frac{k(m' + m'')}{c^2} = \frac{km'}{c^2} = 1{,}21 \cdot 10^{-52} = \frac{R}{N}$$

$$r_2 = \frac{km''}{c^2} = 6{,}66 \cdot 10^{-56} \tag{4}$$

des Protons und Elektrons ergeben. Deren gegenseitige Anziehung zerfällt aber in einen von den Massen und den entgegengesetzt gleichen elektrischen Ladungen $\pm e = 4{,}77 \cdot 10^{-10}$ herrührenden Teil, so zwar, daß im Abstande r

$$Q_1 = k\frac{m'm''}{r^2};\quad Q_2 = \frac{e^2}{r^2} \tag{5}$$

mit dem schon von Helmholtz festgestellten Verhältnis

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{e^2}{km'm''} = 0{,}23 \cdot 10^{40} \tag{5a}$$

wird. Daraus erhellt die ungeheure Überlegenheit der elektrischen Kraft über die Schwere, die doch im Kosmos infolge der Neutralisation der Ladungen beider Elementarteile allein wirksam bleibt.

Vergleichen wir nun die rechte Seite von (5a) mit dem Werte der letzten Zeile der vorstehenden Tafel, so erkennen wir eine Größenordnung von $\sqrt{N}$ und dürfen daher auch an Stelle von (5a) schreiben

$$k\frac{m'm''}{e^2} = \frac{\alpha}{\sqrt{N}} = \alpha \cdot 10^{-40}, \tag{5b}$$

worin je nach unseren Dichteannahmen im Weltall $\alpha = 4{,}2$ bis $11{,}8$ anzusetzen ist. Nach den beiden Formeln (1b) und (5b) genügen nunmehr die beiden Massen m' und m'' der quadratischen Gleichung $m^2 = (m' + m'')m + m'm'' = 0$ oder

$$m^2 - \frac{c^2 R}{kN}m + \frac{\alpha e^2}{k\sqrt{N}} = 0 \tag{6}$$

mit den Wurzeln

$$m = \frac{c^2 R}{2kN} \pm \sqrt{\frac{c^4 R^2}{4k^2 N^2} - \frac{\alpha e^2}{k\sqrt{N}}}. \tag{7}$$

Wegen der Kleinheit von $m'm''$ gegen $(m' + m'')^2$, d. h. der Elektronenmasse gegen die des Protons, dürfen wir an Stelle von (7) hinreichend genau schreiben

$$m = \frac{c^2 R}{2kN}\left[1 \pm \left(1 - \frac{2\alpha e^2 k N^{3/2}}{c^4 R^2}\right)\right] \tag{7a}$$

und erhalten so die Wurzeln

$$m' = \frac{c^2 R}{k N} - \frac{\alpha e^2 \sqrt{N}}{c^2 R}; \quad m'' = \frac{\alpha e^2 \sqrt{N}}{c^2 R} \tag{8}$$

oder unter Einführung des Schwerehalbmessers $r_1 = R : N$ des vereinigten Protons und Elektrons nach (4) noch kürzer

$$m' = \frac{c^2 r_1}{k} - \frac{\alpha e^2}{c^2 r_1 \sqrt{N}}; \quad m'' = \frac{\alpha e^2}{c^2 r_1 \sqrt{N}}. \tag{8a}$$

Hierin stellt offenbar das von der Ladung e unabhängige erste Glied der rechten Seite von m' das Neutron dar, welches ersichtlich aus der Verbindung des Protons mit dem Elektron m'' hervorgeht. Im letzteren aber tritt die Gravitationskonstante gar nicht, die Ladung quadratisch auf, so dass man auch umgekehrt

$$\frac{e}{c} = \pm \sqrt{\frac{m'' R}{\alpha \sqrt{N}}} = \pm \sqrt{\frac{m'' r_1 \sqrt{N}}{\alpha}} \tag{8b}$$

erhält, wonach negative und positive Ladungen bei gleicher Masse, d. h. Elektronen und Positronen auftreten können.

Da die Fehlergrenzen der Massenbestimmung des Protons $m' = (1{,}661 \pm 0{,}002)\, 10^{-24}$ etwa zweimal so groß sind wie die Masse $m'' = 9 \cdot 10^{-28} = 0{,}0009 \cdot 10^{-24}$ des Elektrons, so ist vorläufig eine Prüfung der ersten Gleichung (8a) durch irdische Erfahrungstatsachen nicht möglich.

Zur Ermittlung der wirklichen Abmessungen des Protons und Elektrons, die mit ihren oben angegebenen Schwerehalbmessern nichts zu tun haben, denken wir uns diese Körper wie das Weltall kugelsymmetrisch aufgebaut und um ihren gemeinsamen Schwerpunkt mit der Winkelgeschwindigkeit ω rotierend. Sind dann r' und r'' die Schwerpunktsabstände, so werden die beiden Fliehkräfte $m' r' \omega^2$ und $m'' r'' \omega^2$ von der elektrischen Anziehungskraft $e^2 : (r' + r'')^2$ der entgegengesetzten Ladungen $\pm e$ gerade aufgehoben, während wir nach (5a) die reine Massenanziehung dagegen vernachlässigen dürfen. Es ist daher

$$m' r' \omega^2 = m'' r'' \omega^2 = \frac{e^2}{(r' + r'')^2}$$

oder

$$m' r' = m'' r'' = \frac{e^2}{(r' + r'')^2 \omega^2}. \tag{9}$$

Hierin stellt $(r' + r'')\,\omega$ die senkrecht zur Zentrale gerichtete Relativgeschwindigkeit der beiden Körper gegeneinander dar, die im Grenzfalle der Berührung der Kugeln im gemeinsamen Schwerpunkt, wobei r' und r'' mit den Kugelradien zusammenfallen, gerade die Lichtgeschwindigkeit erreichen möge.

Alsdann wird mit $(r' + r'')\,\omega = c$ aus (9)

$$m' r' = m'' r'' = \frac{e^2}{c^2} = 2{,}53 \cdot 10^{-40} \tag{10}$$

oder auch

$$m' c^2 = \frac{e^2}{r'}; \quad m'' c^2 = \frac{e^2}{r''}, \tag{10a}$$

so daß also die Gesamtenergie der Teilchen mit dem Potential ihrer Oberflächenladung übereinstimmt.

Mit den oben angeführten Massenwerten erhalten wir aus (10) schließlich die Kugelradien des Protons und Elektrons bzw. Positrons

$$r' = 1{,}5 \cdot 10^{-16}\ \text{cm}; \quad r'' = 2{,}8 \cdot 10^{-13}\ \text{cm}.$$

Der letzte Wert gilt auch für das aus der Anlagerung des Elektrons und Protons hervorgehende Neutron, während man für die Zerstrahlung beider Elementarbestandteile mit $e = 0$ auch $r = 0$ erhalten würde, wobei die Energie $(m' + m'')\,c^2$ erhalten bleibt. Dieser entspricht dann eine mit der Frequenz ν durch $c = \lambda \nu$

verknüpfte Wellenlänge λ, die sich aus der Energieformel $(m' + m'')\,c^2 = h \cdot \nu$, worin $h = 6{,}55 \cdot 10^{-27}$ erg·sec das Plancksche Wirkungsquantum bedeutet, zu

$$\lambda = \frac{h}{(m' + m'')\,c} = 1{,}31 \cdot 10^{-13} \text{ cm} \qquad (11)$$

berechnet[1]. Fast genau denselben Wert erhält man mit $m'' = 0$ daraus für das Proton, und für das Elektron mit $m' = 0$, $\lambda = h : m''\,c = 2{,}41 \cdot 10^{-10}$ cm, also Beträge, die mit den obigen Kugelradien der Teilchen nichts zu tun haben.

Zur Wirkungsweise der Lippenpfeife.

Von **H. Kröncke** in Berlin.

Die Lippenpfeife spielt im Physik-Unterricht trotz ihrer vielseitigen praktischen Anwendung nur eine bescheidene Rolle. Trotzdem dürften die folgenden Versuche nicht ohne Interesse sein, weil es möglich ist, mit verhältnismäßig einfachen Hilfsmitteln Einblicke in Vorgänge zu gewinnen, die zunächst etwas unübersichtlich erscheinen, aber durch ihre Verknüpfung mit anderen Gebieten der Physik, insbesondere der Strömungslehre, auch allgemeine physikalische Teilnahme erwecken.

Unter „Lippenpfeife“ ist dabei nicht nur die so bezeichnete Orgelpfeife gemeint, sondern auch die verschiedenen Arten Flöten, die Galtonpfeife und einige andere Abarten der gewöhnlichen Lippenpfeife, gehören hierher. Mit kurzen Worten kann man den physikalischen Begriff der Lippenpfeife etwa folgendermaßen kennzeichnen: Die Pfeife ist ein am einen Ende offenes, am anderen Ende offenes oder geschlossenes Rohr, in dem stehende Luftschwingungen dadurch angeregt werden, daß ein blattförmiger Luftstrahl gegen eine am offenen Ende angebrachte Schneide geblasen wird. Diese Schneide oder Lippe braucht nicht gerade scharf ausgebildet zu sein; besonders bei tieferen Tönen genügt eine Lippe von verhältnismäßig großem Krümmungsradius. Der Vorgang zwischen der Austrittsöffnung des Luftstrahls und der Lippe, also der Anregungsvorgang der Lippenpfeife, soll durch die folgenden Versuche näher untersucht werden.

Zuvor sei hier noch folgendes bemerkt: Die Benennung der Oberschwingungen und Obertöne ist innerhalb der Physik und Elektrotechnik nicht ganz einheitlich. Während es in der Elektrotechnik Brauch ist, die Grundschwingung als erste Oberschwingung zu bezeichnen, so daß die n-te Oberschwingung die n-fache Frequenz der Grundschwingung hat, ist es in der Akustik im allgemeinen üblich, Grundschwingung, erste, zweite usw. Oberschwingung zu zählen, so daß die n-te Oberschwingung die (n + 1)-fache Frequenz der Grundschwingung hat. Der Übersichtlichkeit und der einfacheren Rechnung wegen wird im folgenden die Bezeichnung „Obertöne“ vermieden und statt dessen die Grundschwingung als der erste Teilton, die erste Oberschwingung als der zweite Teilton der Pfeife bezeichnet, entsprechend der Zählweise der Elektrotechnik.

Schneidentöne.

Zum Verständnis der Wirkungsweise der Lippenpfeife ist die Kenntnis der „Schneidentöne“ Voraussetzung. Wie es auch in der Elektrizität periodische Vorgänge gibt, die nicht durch ein eigentlich schwingungsfähiges Gebilde aus Selbstinduktion und Kapazität erzeugt werden (Kipp-Schwingungen), so gibt es auch in anderen Teilen der Physik Schwingungsvorgänge, die nicht auf Resonanzerscheinungen zurückzuführen sind. Hierhin gehören in der Akustik die Schneidentöne und einige verwandte Erscheinungen, die z. B. als „Spalttöne“, „Hiebtöne“ und dergl. bezeichnet werden. Auch die Schwingungen der Telephondrähte unter dem Einfluß des Windes gehören

[1] R. Fürth: Versuch einer quantentheoretischen Berechnung der Masse von Proton und Elektron. Physik. Zeitschr. **30**, 895 (1929). Vgl. auch Zeitschr. Physik. **85**, 294 (1933).

zu dieser Gruppe von Erscheinungen, die sämtlich dadurch gekennzeichnet sind, daß die Schwingungen durch periodische Wirbelbildung entstehen. Aus dem täglichen Leben sind die Töne u. a. dadurch bekannt, daß beim Blasen gegen die Kante eines Papierblatts ein Ton entsteht, oder daß eine geschwungene Gerte pfeift. Die Lippenpfeife ist offenbar eine Anwendung der Schneidentöne, denn die Schwingungen im Pfeifenrohr werden zweifellos durch einen Schneidenton angeregt.

Versuche mit Schneidentönen kann man auf folgende Weise auch in einem größeren Raume hörbar anstellen: Als Gebläse wird eine rotierende Pumpe von Gaede verwendet; wahrscheinlich ist aber auch in vielen Fällen ein Wasserstrahlgebläse ausreichend, da für diese Versuche kein hoher Druck erfordert wird. Die von der Pumpe geförderte Luft wird durch einen „Luftinjektor" nach Gaede gepreßt; dadurch werden die Stöße der Pumpe ausgeglichen, während die unter Überdruck durch die Düse des Injektors strömende Luft größere Luftmengen ansaugt und dadurch die geförderte Luftmenge auf Kosten des Überdrucks vergrößert. An den Injektor wird mittels eines Schlauches die Düse angeschlossen, die bei den späteren Versuchen auch zum Anregen der Pfeife dient. Die Düse ist leicht aus einem Stück Messingrohr von etwa 12 mm Durchmesser anzufertigen, das am einen Ende schlitzförmig gepreßt wird, so daß hier eine Öffnung von etwa 0,5 mm Breite entsteht. Die Öffnung der Schlitzdüse war 20 mm lang und 0,5 mm breit, entsprechend einem Querschnitt von 0,1 qcm. Mit Hilfe einer Mikrometerschraube aus dem Stativmaterial von Leybold und einer Doppelmuffe wurde die Düse horizontal beweglich angebracht. An der Mikrometerschraube befindet sich eine 10 cm lange Teilung mit Nonius, so daß die Stellung der Düse auf 0,1 mm genau abgelesen werden kann.

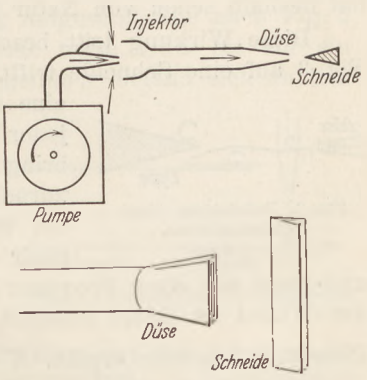


Fig. 1. Versuchsanordnung, schematisch.

Bringt man gegenüber der Düse (Fig. 1) und dieser parallel eine scharfe Schneide aus Messing an und bläst durch die Düse diese Schneide an, so erhält man Töne von deutlich definierter Frequenz, die man auch mittels einer Glühdrahtröhre [1] beobachten und messen kann. Zweckmäßig geht man so vor, daß man die Pumpe zunächst mit voller Umdrehungszahl laufen läßt und die Düse der Schneide so nähert, daß beide sich berühren. Entfernt man dann durch Drehen an der Mikrometerschraube die Düse von der Schneide, so erhält man bei einer gewissen Entfernung einen ziemlich hohen Ton (etwa 8000 Hertz), der bei weiterer Vergrößerung des Abstandes tiefer und zugleich besser hörbar wird. Bei einer bestimmten Frequenz (etwa 2000) springt der Ton plötzlich wieder auf einen höheren Ton über, bei weiterer Vergrößerung des Abstandes sinkt der Schneidenton erneut, und noch ein weiteres Mal, zuweilen sogar insgesamt viermal, erhält man den gleichen Verlauf. Bei kleinerer Drehzahl des Pumpenmotors und entsprechend geringerem Druck sind die Erscheinungen ähnlich, aber die Frequenzen geringer.

Die Wirbelstraße.

Zur Erklärung dieser Erscheinungen, die besonders durch Wachsmuth [2] und seine Schüler untersucht wurden, muß man näher betrachten, was an einem Luftstrahl, wie er aus der Düse austritt, vorgeht, und zwar vor allem an der Grenzschicht zwischen dem Luftstrom und der ruhenden Luft. Ein unstetiger Übergang von den ruhenden zu den bewegten Luftteilchen des Strahls ist nämlich nicht möglich, da die bewegten Luftteilchen infolge der inneren Reibung auf die Teilchen der ruhenden Luft wirken. Die Folge davon ist, wie zuerst von v. Karman angegeben wurde,

[1] H. Kröncke: Physik. Zeitschr. **31**, 908 (1930).
[2] Wegen Literatur siehe H. Klug: Ann. Physik (5) **11**, 53 (1931).

daß sich auf beiden Seiten des Luftstrahls Wirbel ausbilden, die mit einer eigenen Geschwindigkeit längs des Strahls weiterwandern, und deren Richtung in Fig. 2 kenntlich gemacht ist. Es ist aber für das vorliegende Problem besonders wichtig, daß diese Wirbel nicht regellos entstehen, sondern daß sie auf beiden Seiten des Strahls gegeneinander versetzt sind und mit großer Regelmäßigkeit aufeinander folgen. Die Geschwindigkeit eines einzelnen Wirbels hängt von der Strahlgeschwindigkeit ab, außerdem von den Eigenschaften des Gases, und ist bei Luft etwa $^1/_4$ der Strahlgeschwindigkeit. Nach den Angaben der Originalarbeit von v. Karman[1] und Rubach werden durch die Wirbel auch die Strömungslinien des eigentlichen Strahls beeinflußt, wie aus Fig. 2 ersichtlich ist. Ein flacher Luftstrahl hat deshalb schon von Natur die Neigung, Pendelungen auszuführen.

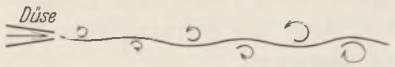


Fig. 2. Luftstrahl, aus einer Düse austretend, mit Wirbeln (v. Karmansche Wirbelstraße).

Diese Wirkung tritt besonders dann in Erscheinung, wenn der Luftstrahl nach Fig. 3 auf eine Schneide trifft. Obendrein setzt aber nach der heutigen Anschauung eine automatische Steuerung der Wirbelbildung ein, indem jeder Wirbel, der auf die Schneide trifft, eine Stauwelle hervorbringt, die sich mit Schallgeschwindigkeit nach der Düse zurück fortpflanzt und dort einen neuen Wirbel auslöst[2]. Durch die Wirbel wird veranlaßt, daß der Luftstrahl abwechselnd nach der einen und der anderen Seite der Schneide kippt, und zwar mit einer Frequenz N, die sich aus dem Verhältnis der Geschwindigkeit v der Wirbel zu ihrem Abstand, oder, was dasselbe ist, zu dem Abstand W zwischen Düse und Schneide ergibt: $N = \frac{v}{W}$ oder $N \cdot W = v$.

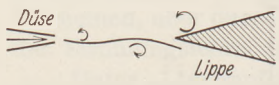


Fig. 3. Entstehung eines Schneidentones.

So ist es erklärlich, daß bei Vergrößerung des Abstandes W der Ton tiefer wird. Das plötzliche Umspringen der Frequenz wird so erklärt, daß sich nunmehr nach Fig. 4 zwei Wirbel auf jeder Seite zwischen Düse und Schneide ausbilden, so daß die Frequenz durch den Sprung verdoppelt wird. Beim nächsten Sprung, der bei weiterer Vergrößerung des Abstandes auftritt, wandern drei Wirbel auf jeder Seite des Luftstrahls zwischen Düse und Schneide usw.

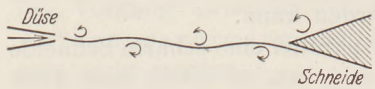


Fig. 4. Derselbe Schneidenton wie in Fig. 3, jedoch bei doppeltem Abstand der Schneide.

Diese Erklärung des Schneidentones konnte auch durch Beobachtung ähnlicher Vorgänge in Flüssigkeiten bestätigt werden[3], wo man in bekannter Weise durch feine Teilchen die Wirbel und das Pendeln des Strahles unmittelbar sichtbar machen konnte.

Das Anblasen von Lippenpfeifen.

Es leuchtet ein, daß man einer auf die geschilderte Weise angeblasenen Schneide ein Resonanzrohr (eine Pfeife) nähern kann. Sobald der Schneidenton mit einem Teilton des Rohres übereinstimmt, wird dieses zweifellos angeblasen. Die folgenden Versuche sollen praktische Beispiele hierzu geben und zeigen, daß man aus der zahlenmäßigen Verfolgung der Erscheinungen einige interessante Schlüsse ziehen kann. Die Erklärung des Vorgangs in der Lippenpfeife durch den Schneidenton, der wiederum durch die v. Karmanschen Wirbel erzeugt wird, wurde zuerst von F. Krüger[4] gegeben.

Das bei den folgenden Versuchen verwendete Pfeifenrohr war ein Glasrohr von 113,5 cm Länge und etwa 47 mm innerem Durchmesser. Diese Maße bieten den Vorteil, daß der dritte Teilton des Rohres 435 Hertz hat und daher mit einer überall vorhandenen Stimmgabel gut verglichen werden kann. Auch die Frequenzen der

[1] Th. v. Karman und A. Rubach: Physik. Zeitschr. **13**, 49 (1912).
[2] W. König: Physik. Zeitschr. **13**, 1053 (1912).
[3] E. Schmidtke: Ann. Physik (4) **60**, 715 (1919).
[4] F. Krüger: Ann. Physik (4) **62**, 673 (1920).

übrigen Teiltöne sind damit ohne weiteres festgelegt; sie sind der Vollständigkeit halber für einige Teiltöne mit in die beigefügte Tabelle aufgenommen.

Tabelle.

Pfeife 113,5 cm lang, beide Enden offen, mit Luftstrahl von 45 m/Sek angeblasen. Lippe mit scharfer Schneide.

Teilton	1	2	3	5	7	10	14	18	22
Frequenz	145	290	435	725	1015	1450	2030	2610	3190
Maulweite, mm . . .	— [1]	21	16,5	12,5	10,2	8,5	6,6	5,65	4,9
v	—	6,1	7,2	9,1	10,3	12,3	13,4	14,7	15,6

Am einen Ende der Pfeife war eine Messingfassung aufgesetzt, die nach Fig. 5 eine aus Blech angefertigte Schneide trug. Die Schneide ragte etwa bis auf ein Drittel des Durchmessers ins Innere des Rohres; ihr gegenüber befand sich ähnlich wie bei der Herstellung von Schneidentönen die schon erwähnte Düse. Zur genaueren Erfassung der zahlenmäßigen Verhältnisse wurde mittels eines T-Stücks ein einfaches Wassermanometer angeschlossen, mit dessen Hilfe der Druck der Luft vor der Düse beobachtet werden konnte. Dieser Druck ist in einfacher Weise durch Regelung der Umdrehungszahl der Pumpe in weiten Grenzen verstellbar (zwischen etwa 2,5 und 50 cm Wassersäule). Ferner wurde durch Messung der geförderten Luftmenge und des schon angegebenen Düsenquerschnitts die Strahlgeschwindigkeit V an der Düse in Abhängigkeit des Drucks p vor der Düse bestimmt (Fig. 6).

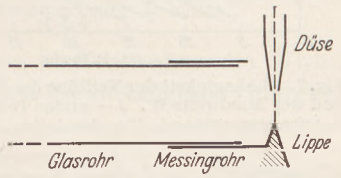


Fig. 5. Anblasen der Lippenpfeife.

Die Versuche wurden mit 3 verschieden ausgebildeten Schneiden ausgeführt, von denen die eine fast messerscharf war, während die zweite einen Krümmungsradius von etwa 0,5 mm, die dritte einen solchen von etwa 5 mm hatte. Es sei vorweg bemerkt, daß die Form der Schneide nur auf die Leichtigkeit der Entstehung der verschiedenen Teiltöne Einfluß hat, im übrigen aber die zahlenmäßigen Verhältnisse nicht beeinflußt. Mit der scharfen Schneide gelang es nicht oder nur unbefriedigend, den Grundton und die tiefen Teiltöne anzublasen, während ohne Mühe die hohen Teiltöne (bis zum 22.) zu erhalten waren. Mit der schwach gekrümmten Lippe lassen sich dagegen die tiefsten Töne wundervoll kräftig anblasen, während es nicht möglich ist, damit über den 7. oder 8. Teilton hinauszukommen.

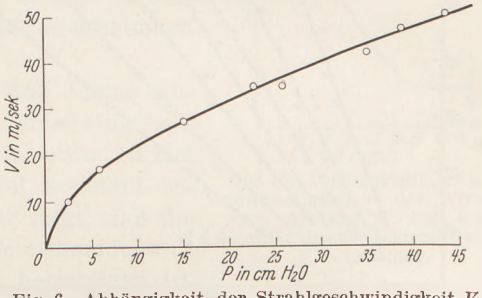


Fig. 6. Abhängigkeit der Strahlgeschwindigkeit V vom Druck P (cm Wassersäule) vor der Düse.

Einen höheren Teilton als den 22. konnte man auch mit der scharfen Schneide nicht anblasen, was vermutlich dadurch zu erklären ist, daß für diesen Ton die Wellenlänge bereits 11 cm beträgt, so daß die halbe Wellenlänge schon ungefähr gleich dem Durchmesser der Pfeife ist. Ähnlich liegen die Verhältnisse ja auch bei der Anregung einer Kundtschen Röhre.

In Fig. 7 ist zusammengestellt, wie die verschiedenen Teiltöne der Pfeife vom Druck p vor der Düse und vom Abstand zwischen Lippe und Spalt (künftig einfach als Maulweite W bezeichnet) abhängen. Dabei stellen aber die Kurven nur die günstigsten Anregungszustände dar. Wird beispielsweise bei der Maulweite 20 mm der Druck

[1] Der Grundton sprach nicht an.

vor der Düse allmählich gesteigert, so erhält man zunächst den ersten Teilton, der mit zunehmendem Druck kräftiger wird, um dann etwas an Stärke nachzulassen, worauf er plötzlich in den 2. Teilton überspringt, der bei weiter zunehmendem Druck in den 3. Teilton usw. übergeht. Es gibt also praktisch keine Zusammensstellung von Werten der Maulweite und des Drucks innerhalb des von Kurven erfüllten Gebiets, bei der etwa kein Ton der Pfeife angeblasen würde. Ferner ist zu bemerken, daß die Frequenz der verschiedenen Teiltöne keineswegs völlig konstant ist. Längs einer Kurve ist zwar die Frequenz konstant; ändert sich aber der Druck oder die Maulweite, so ändert sich auch die Frequenz zunächst wenig, bis sie plötzlich unstetig in die des nächsten Teiltons übergeht.

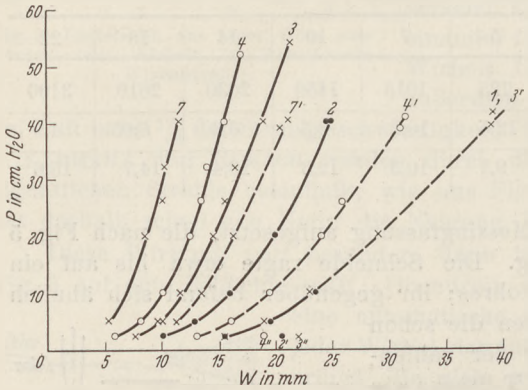


Fig. 7. Abhängigkeit der Teiltöne der Pfeife vom Druck P und der Maulweite W. 1 — erster Teilton, $1'$ — desgl. im 2. Anregungszustand, $1''$ — desgl. im 3. Anregungszustand.

Um das Bild nicht unübersichtlich zu machen, ist in Fig. 7 nur eine kleine Zahl Teiltöne eingetragen, jedoch sind für diese Töne mehrere Kurven wiedergegeben. Man kann also beispielsweise den 4. Teilton bei einem Druck von 20 cm Wassersäule und einer Maulweite von 12,5 mm und von 24 mm anblasen. Der gleiche Ton tritt also auch bei der doppelten Maulweite auf, was unschwer aus den Vorgängen bei den Schneidentönen verständlich ist. Es bilden sich eben jetzt zwei Wirbel auf jeder Seite des Strahls innerhalb der Maulweite aus. Für einige Töne ist sogar der 3. Anregungszustand angegeben, bei dem die dreifache Maulweite den gleichen Ton ergibt. Die erzeugten Töne waren dann jedoch ziemlich schwach und würden sich zur Vorführung in einem größeren Kreise nicht eignen. Dagegen lassen sich die bei doppelter Maulweite erzeugten Töne unschwer auch in einem großen Raum hörbar machen, wenn das weiter unten beschriebene Hilfsmittel der Resonanz-Sonde verwendet wird, um benachbarte Teiltöne zu unterdrücken.

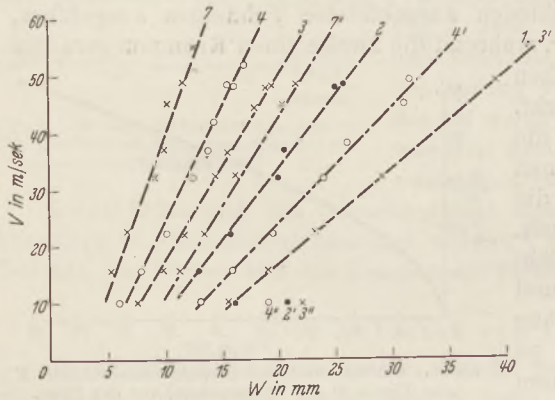


Fig. 8. Abhängigkeit der Teiltöne von Fig. 7 von Strahlgeschwindigkeit V (m/Sek) und Maulweite.

Führt man an Stelle des Drucks vor der Düse aus Fig. 6 die Strahlgeschwindigkeit V ein, so ergeben sich die Kurven der Fig. 8. Die zugehörigen Werte von Maulweite und Strahlgeschwindigkeit liegen also für die einzelnen Teiltöne auf geraden Linien, die sich offenbar auf der Ordinatenachse bei etwa $V = -20$ schneiden. Die Linien vereinigen sich jedenfalls nicht im Nullpunkt, d. h. es gibt für jeden Teilton eine Mindest-Maulweite, unterhalb der dieser Ton nicht mehr angeblasen werden kann, auch wenn die Strahlgeschwindigkeit noch so sehr vermindert werden würde.

Es liegt nahe, aus den in Fig. 7 und 8 dargestellten Messungen nun auch die Geschwindigkeit v abzuleiten, mit der sich die Wirbel zwischen Düse und Lippe bewegen. Diese Geschwindigkeit ist ja, wie schon früher erwähnt, für den 1. Anregungszustand gleich dem Produkt aus Maulweite und Frequenz, für den 2. Anregungszustand gleich dem halben Produkt. In der obigen Tabelle sind für die Strahlgeschwindigkeit 45 m/Sek eine Reihe von Teiltönen mit den zugehörigen Maulweiten eingetragen;

der größere Teil wurde, da er nichts wesentlich Neues gibt, der Übersichtlichkeit wegen fortgelassen. Aus den Maulweiten und den eingetragenen Frequenzen der einzelnen Teiltöne ergibt sich so die Geschwindigkeit der Wirbel (gemessen in m/Sek), die ebenfalls in die Tabelle eingetragen und außerdem in Fig. 9 in Abhängigkeit von der Maulweite zeichnerisch dargestellt ist. Es hätte nahe gelegen zu erwarten, daß die Geschwindigkeit der Wirbel nur von der Strahlgeschwindigkeit, nicht aber von dem Schwingungszustand der Pfeife, abhängt. Das ist offenbar, wie man sieht, nicht der Fall, vielmehr wird die Geschwindigkeit der Wirbel um so größer, je geringer die Maulweite ist. Es ist zwar etwas gewagt, die Kurve der Fig. 9 bis zur Ordinatenachse zu verlängern, immerhin sieht man aber, daß offenbar die Wirbelgeschwindigkeit dicht an der Düse etwa halb so groß ist wie die Strahlgeschwindigkeit.

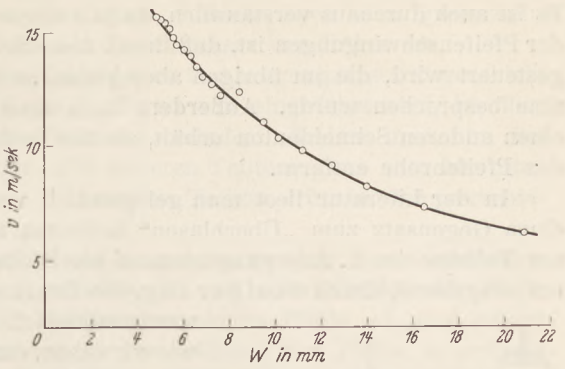


Fig. 9. Abhängigkeit der mittleren Geschwindigkeit v der Wirbel von der Maulweite bei konstanter Strahlgeschwindigkeit 45 m/Sek.

Dieses Ergebnis ist übrigens durchaus verständlich, da ja zweifellos der Anfang jedes Wirbels einen sehr kleinen Durchmesser hat und in der Grenzschicht zwischen der ruhenden Luft und dem Strahl etwa die halbe Strahlgeschwindigkeit haben wird. Diese Geschwindigkeit nimmt, wie man sieht, mit zunehmendem Abstand vom Spalt stark ab, so daß die in Fig. 9 dargestellten Werte nur die mittleren Geschwindigkeiten für die verschiedenen Maulweiten bedeuten können. Nimmt man dies aber an, so ist es verhältnismäßig leicht, daraus die wirkliche Geschwindigkeit u der Wirbel in Abhängigkeit von der Maulweite zu berechnen[1]. Die so erhaltenen Werte sind in Fig. 10 zusammengetragen.

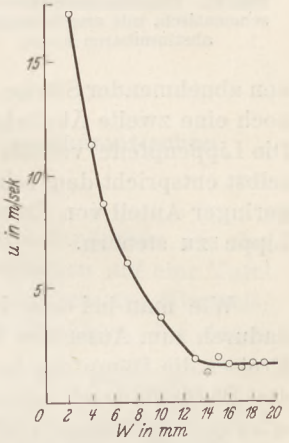


Fig. 10. Abhängigkeit der Geschwindigkeit u der Wirbel vom Abstand W bei konstanter Strahlgeschwindigkeit $V = 45$ m/Sek.

Das Rechenverfahren hat den Mangel, daß kleine Abweichungen in den Meßwerten verdoppelt als Fehler eingehen. Trotzdem ist deutlich zu erkennen, daß von etwa 13 mm Maulweite ab die Geschwindigkeit der Wirbel konstant ist.

Die nähere Betrachtung der Meßergebnisse zeigt, daß die Erklärung der Anregung der Pfeife durch die Schneidentöne offenbar in manchen Punkten noch etwas zu berichtigen ist, obwohl sie in ihren Grundzügen sicher zutrifft. Berechnet man z. B. die Wirbelgeschwindigkeit für die Strahlgeschwindigkeit 22 m/Sek und eine Maulweite von 15 mm, ein Punkt, in dem sowohl der 2. Teilton im 1. Anregungszustand wie der 7. Teilton im 2. Anregungszustand möglich ist, so ergibt sich nicht, wie man erwarten sollte, die gleiche Wirbelgeschwindigkeit für beide Teiltöne, vielmehr ist die Wirbelgeschwindigkeit in allen solchen Fällen für den höheren Anregungszustand größer. Eine vollständige physikalische Erklärung dieser Tatsache ist nicht ohne weiteres zu erkennen. Vermutlich liegen aber die Dinge so, daß bei der Anregung der Lippenpfeife die Schwingungen im

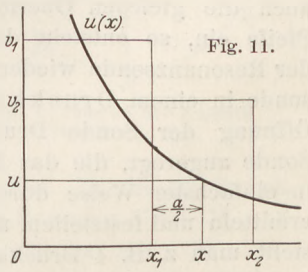


Fig. 11.

[1] Es sei $x_2 - x_1 = a$. Dann ist $v_1 \cdot x_1 + u \cdot a = v_2 \cdot x_2$, also $u = \frac{v_2 \cdot x_2 - v_1 \cdot x_1}{a}$. Hierin sind v_2 und v_1 die mittleren Geschwindigkeiten für die Maulweiten x_2 und x_1. Zur Berechnung der Kurve in Fig. 11 ist $a = 2$ gewählt.

Pfeifenrohr bestimmend für die Entwicklung der Wirbel an der Düse sind, nicht die von der Schneide reflektierten Wellen, wie es beim reinen Schneidenton der Fall ist. Es ist auch durchaus verständlich, da ja zwischen Lippe und Spalt ein Bewegungsbauch der Pfeifenschwingungen ist, daß durch diese Schwingungen die Entwicklung der Wirbel gesteuert wird, die im übrigen aber genau so vor sich geht, wie es für die Schneidentöne besprochen wurde. Außerdem kann man sich auch leicht überzeugen, daß man einen anderen Schneidenton erhält, als den in der Pfeife angeblasenen Ton, wenn man das Pfeifenrohr entfernt.

In der Literatur liest man gelegentlich von „unterblasenen" Tönen, was offenbar einen Gegensatz zum „Überblasen" bedeuten soll. Vermutlich handelt es sich dabei um Teiltöne im 2. Anregungszustand der Pfeife: Während man nämlich, vom Grundton ausgehend, durch Steigerung des Drucks höhere Teiltöne hervorbringen kann, was musikalisch als Überblasen bezeichnet wird, können, wie wir sahen, durch Verminderung des Drucks wiederum die verschiedensten Teiltöne, allerdings bei geringerer Lautstärke, angeblasen werden. Diese Töne sind wohl physikalisch, aber nicht musikalisch von Interesse.

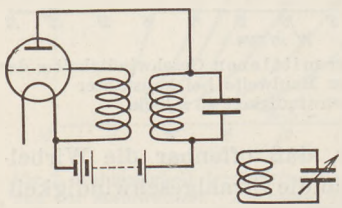


Fig. 12. Schwingungserzeugung, schematisch, mit angekoppeltem abstimmbaren Kreis.

Die Lippenpfeife hat, wie man sieht, physikalisch betrachtet eine Ähnlichkeit mit der Zungenpfeife: Der Schwingungsvorgang zwischen Spalt und Lippe ist ganz ähnlich den Schwingungen der Zunge, und zwar ist die Ähnlichkeit dann besonders groß, wenn man eine Zunge von abnehmender Stärke vergleicht, wie sie etwa bei der Klarinette verwendet wird. Aber noch eine zweite Ähnlichkeit ist auffallend und führt zu einer interessanten Anwendung: Die Lippenpfeife verhält sich ganz ähnlich wie ein Rückkoppelungs-Sender. Die Pfeife selbst entspricht dem schwingungsfähigen Teil des Anodenkreises (Fig. 12), von dem ein geringer Anteil von Energie verwendet wird, um die Schwingungen zwischen Spalt und Lippe zu steuern.

Die Resonanzsonde.

Wie man bei dem in Fig. 12 dargestellten Rückkoppelungskreis die Schwingungen dadurch zum Aussetzen bringen kann, daß man durch Ankoppelung eines abgestimmten Kreises die Dämpfung im Anodenkreis vergrößert, so kann man auch die Schwingungen der Pfeife dadurch schwächen oder ganz unterdrücken, daß man mit der Pfeife ein schwingungsfähiges Gebilde koppelt, das auf den betreffenden Teilton abgestimmt ist. Das einfachste derartige Gebilde ist eine an beiden Seiten offene Glasröhre, die auf den gleichen Grundton abgestimmt wird wie die Pfeife. Zu der oben beschriebenen Pfeife wurde eine Glasröhre mit einem inneren Durchmesser von 10 mm und 116,8 cm Länge verwendet, die ein wenig in die Öffnung der Pfeife eingeführt wurde. Der jeweils angeblasene Ton der Pfeife wird dadurch unterdrückt, da die als „Resonanzsonde" bezeichnete enge Röhre den gleichen Grundton hat wie die Pfeife und daher auch die gleichen Obertöne. Führt man jedoch die Resonanzsonde weiter in die Pfeife ein, so entsteht der ursprünglich angeblasene Teilton bei bestimmten Lagen der Resonanzsonde wieder, nämlich immer dann, wenn sich die Öffnung der Resonanzsonde in einem Druckknoten der Pfeifenschwingungen befindet. Nur wenn an der Öffnung der Sonde Druckschwankungen auftreten, werden Schwingungen in der Sonde angeregt, die das Erlöschen des Pfeifentones zur Folge haben. So kann man in einfachster Weise durch Verschieben der Sonde die Druckknoten eines Teiltones ermitteln und feststellen, um welchen Teilton es sich jeweils handelt. Beim 5. Teilton stellt man z. B. 4 Druckknoten in gleichmäßigen Abständen längs des Pfeifenrohres fest; 2 weitere Druckknoten befinden sich an den beiden Enden etwas außerhalb der Öffnung, wo in der Tat auch keine Behinderung der Pfeifenschwingungen durch die Sonde zu beobachten ist. Durch die 6 Knoten wird die halbe Wellenlänge des Grundtons in 5 halbe Wellenlängen des 5. Teiltons zerlegt.

Es wird vielleicht auffallen, daß die Resonanzsonde etwa $3^1/_2$ cm länger ist als die Pfeife selbst: Die Ursache dafür liegt in der bekannten Erscheinung, daß die Eigenfrequenz einer Röhre nicht nur von der Länge, sondern auch vom Querschnitt abhängt, und um so höher wird, je kleiner der Durchmesser der Röhre ist.

Die oben erwähnte Hörbarmachung der Teiltöne im 2. Anregungszustand geschieht mit der Resonanzsonde in der Weise, daß die Sonde so weit eingeführt wird, bis ihre Öffnung sich in einem Druckknoten eines Teiltones befindet. Ändert man nun bei konstantem Druck die Maulweite, so werden alle anderen Teiltöne ganz oder fast ganz unterdrückt, und nur der durch die Sonde eingestellte Teilton tritt in den verschiedenen Anregungszuständen deutlich hervor.

Eine ähnliche Wirkung, nur praktisch nicht so gut verwertbar, kann man auch mit einer Stimmgabel auf Resonanzkasten erzielen, die auf einen Teilton der Pfeife abgestimmt ist. Bläst man etwa den 3. Teilton der obigen Pfeife an, und bringt eine a-Stimmgabel mit ihrem Resonanzkasten an die Öffnung der Pfeife, so erlischt der Ton, während andere Teiltöne unter den gleichen Umständen nicht beeinträchtigt werden. Umgekehrt ist leicht nachweisbar, daß auch die Schwingungen der a- Stimmgabel durch Einführung der Sonde in den Resonanzkasten stark gedämpft werden, wenn die Sonde auf den Ton der Gabel abgestimmt ist.

Es liegt nahe, noch weitere Anwendungen der Resonanzsonde vorzuschlagen; davon soll aber hier abgesehen werden, da dies mit dem Thema in zu losem Zusammenhang stehen würde.

Kleine Mitteilungen.

Neue konstruktive Lösungen einiger Aufgaben aus der mathematischen Himmelskunde.

Von **Hermann Meyer** in Weidenau/Sieg.

In dieser Zeitschrift (**40**, 60; 1927) hat W. KRAMER die Grundaufgaben aus der mathematischen Erd- und Himmelskunde mittels senkrechter Projektion auf eine Tafel konstruktiv gelöst. Während die Lösungsarten der meisten Aufgaben aus der Himmelskunde sich durch Einfachheit auszeichnen, gilt dies nicht für diejenigen, bei denen die Lösung auf der Bestimmung der Schnittpunkte zweier Ellipsen oder einer Ellipse und eines Kreises beruht, also bei den Aufgaben, in denen entweder φ, a und τ oder a, h und τ bzw. τ, δ und a gegeben sind. In beiden Fällen ist es viel günstiger, statt des üblichen Weges, bei dem man von dem Umriß der Himmelskugel ausgeht und die Lage des Sternes bestimmt, den umgekehrten Weg einzuschlagen, also mit der Projektion S' des Sternes anzufangen.

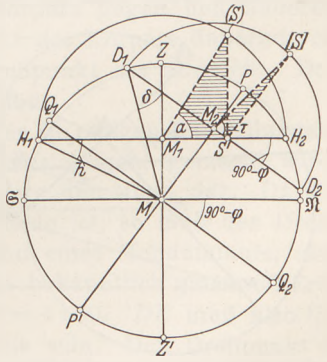


Fig. 1. Plan zu der Aufgabe: Gegeben φ, a, τ.

Bei der erstgenannten Aufgabe, in der φ, a und τ gegeben sind, hat man dann sofort die Projektionen der durch den Stern gehenden zu Horizont und Äquator parallelen Ebenen, die wie jene den Winkel $(90^0 - \varphi)$ miteinander bilden. Gelingt es nun, die Mittelpunkte M_1 und M_2, sowie die Halbmesser der Schnittkreise dieser Ebenen mit der Kugel zu bestimmen, so ist die Aufgabe gelöst. Zu diesem Zweck betrachten wir die in den Umlegungen dieser Kreise liegenden Dreiecke S' (S) M_1 und S' $[S]$ M_2. Von ihnen kennt man außer dem rechten Winkel offenbar nur noch einen Winkel (a bzw. τ). Da aber eine Strecke der Fig. 1 beliebig angenommen werden kann, läßt sich eines der beiden Dreieke konstruieren, und da ferner S' (S) und S' $[S]$ als Höhen desselben Punktes über der Tafelebene gleich sein müssen, auch das andere. Damit sind die Halbmesser der beiden Schnittkreise, also auch deren Projektionen

H_1H_2 und D_1D_2 bestimmt. Der Mittelpunkt M der Kugel ist dann der Schnittpunkt der Senkrechten durch M_1 und M_2 zu H_1H_2 und D_1D_2. Die gesuchten Größen h und δ sind die Winkel M_1H_1M und M_2D_1M. Eine Kontrolle für die Sorgfältigkeit der Lösung liegt in der Tatsache, daß der Umriß der Kugel durch die vier Punkte H_1, H_2, D_1 und D_2 gehen muß.

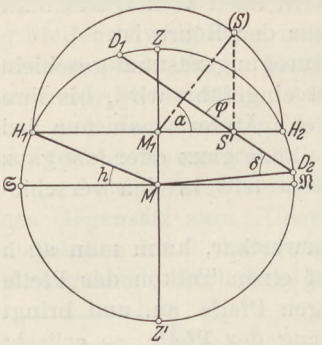


Fig. 2a. Konstruktion zu der Aufgabe: Gegeben a, h, τ.

Von den beiden anderen Aufgaben brauchen wir nur eine zu behandeln, etwa diejenige, bei der a, h, τ gegeben sind, da die andere eine entsprechende Lösung hat.

Wir lösen diese Aufgabe wie bei KRAMER mit Hilfe zweier Figuren. Zunächst bestimmt man aus den Größen h und a die Lage des Sternes im Horizontalsystem, wobei man ebensogut mit dem Umriß der Himmelskugel wie auch mit der Projektion des Sternes anfangen kann (Fig. 2a). Dann konstruiert man in einer zweiten Figur (Fig. 2b) wie bei der vorigen Aufgabe das rechtwinklige Dreieck $S'[S]M_2$ aus τ und der Strecke $S'[S]$, die gleich der Strecke $S'(S)$ der ersten Figur ist. Nun kann man entweder Fig. 2b aus den Angaben von Fig. 2a vervollständigen oder besser umgekehrt wie folgt vorgehen: Man bringt den Kreisbogen um S' der ersten Figur mit der Strecke $S'D_1$ oder $S'D_2$ als Halbmesser, die man aus der zweiten Figur entnimmt, zum Schnitt mit dem Umriß und erhält so die Sehne D_1D_2. Die gesuchten Größen δ und φ sind dann die Winkel $S'D_2M$ und $D_1S(S)$. Die beiden Schnittpunkte des Kreises mit dem Umriß ergeben zwei Lösungen der Aufgabe.

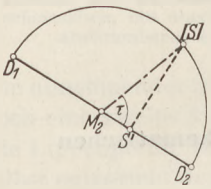


Fig. 2b. Nebenkonstruktion zu der Aufgabe Fig. 2a.

Für das Auf- oder Untergangsdreieck, bei dem $h = 0$ ist, wird die entsprechende Aufgabe ebenso behandelt.

Nach dem angegebenen Verfahren läßt sich auch für die Aufgabe, bei der φ, τ und h gegeben sind, eine einfachere Lösung als bei KRAMER finden (Fig. 3). Aus τ und einer beliebig angenommenen Seite konstruiert man das rechtwinklige Dreieck $S'[S]M_2$, sowie die Sehne D_1D_2 und deren Mittelsenkrechte, die ein Ort für den Mittelpunkt M der Kugel ist. Dann trägt man an D_1D_2 in S' den Winkel $(90^0 - \varphi)$ an und erhält die Parallele zum Horizont, die die Mittelsenkrechte in H schneiden mag. Nun ist der Punkt M so zu bestimmen, daß die Strecke H_2M, die mit HS' den Winkel h bildet, gleich MD_2 wird. Diese Aufgabe läßt sich nach dem Ähnlichkeitsverfahren wie folgt lösen: Man trägt in irgend einem Punkte H_2' auf HS' an diese Gerade den Winkel h an, dessen freier Schenkel M_2H in M' schneidet, schlägt um M' mit $M'H_2'$ den Kreisbogen, der HD_2 in D_2' trifft und zieht zu $D_2'M'$ durch D_2 die Parallele. Sie schneidet M_2H im Punkte M; die gesuchte Größe δ ist dann der Winkel MD_2M_2. a ergibt sich durch Konstruktion des Umrisses der Kugel und durch Umlegen des Höhenkreises.

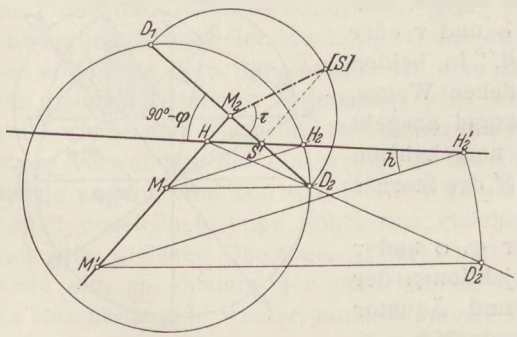


Fig. 3. Konstruktion zu der Aufgabe: Gegeben φ, τ, h.

In derselben Weise wird auch die Aufgabe gelöst, bei der φ, a und δ gegeben sind.

Das Ebbe- und Flutproblem im Unterricht.

Von **P. Steindel** in Berlin-Steglitz.

Es steht wohl außer Frage, daß das Ebbe- und Flutproblem im Unterricht behandelt werden muß. Selbst wenn der Lehrer versuchen wollte, ein näheres

Eingehen auf die Ursachen dieser merkwürdigen Erscheinung zu vermeiden, so würde er durch Fragen der Schüler dazu gezwungen werden. Wer als Junge einmal an der Nordsee das Phänomen erlebt hat, der hat einen solchen Eindruck von der Erscheinung bekommen, daß er nicht eher ruhen wird, als bis er vom Lehrer eine befriedigende Erklärung dafür erhalten hat. Nun wird man ja bei kleineren Kindern sich mit einem kurzen Hinweis auf die Anziehungskraft, die der Mond auf die Erde ausübt, begnügen müssen, wodurch allerdings nur die Entstehung des Flutberges auf der dem Monde zugekehrten Seite der Erde plausibel werden kann, und man wird sie auf eine spätere Zeit vertrösten, wo sie dann mehr darüber erfahren sollen; aber in der Prima muß beim Unterricht in der Mechanik meines Erachtens etwas näher auf die physikalischen Zusammenhänge eingegangen werden. Und es lohnt sich auch, denn die Schüler bringen nach meiner Erfahrung gerade dieser Sache eine große Teilnahme entgegen.

Die Erklärungen, die man in den gebräuchlichen physikalischen Schullehrbüchern darüber findet, sind — abgesehen von wenigen Ausnahmen — nach meiner Meinung für Schüler mindestens als unzureichend zu bezeichnen. Was soll z. B. der Schüler damit anfangen, wenn er in seinem Lehrbuche liest, ein Massenkilogramm auf der dem Monde zugekehrten Stelle der Erde werde vom Monde nach dem Gravitationsgesetz stärker angezogen als ein Massenkilogramm im Mittelpunkt der Erde und suche deshalb schneller zum Monde zu fallen als der Mittelpunkt der Erde. Ein Massenkilogramm dagegen auf der vom Monde abgekehrten Stelle der Erde werde vom Monde schwächer angezogen als der Mittelpunkt der Erde und suche deshalb langsamer zum Monde zu fallen als der Erdmittelpunkt. So eile also auf der dem Monde zugekehrten Seite der Erde das Meereswasser vor, während es auf der rückwärtigen Seite gegenüber dem Erdmittelpunkt zurückbleibe. Der denkende Schüler wird doch sofort einwenden, daß er von einem Fallen der Erde zum Monde noch nichts gehört habe, und daß, wenn dies der Fall sei, die Erde doch schon längst auf dem Mond angelangt sein müsse. Die angegebene Erklärung bekommt erst einen Sinn, wenn darauf eingegangen wird, daß Erde und Mond sich wie jedes Doppelsternpaar um einen gemeinsamen Massenmittelpunkt während eines Mondumlaufs herumbewegen, daß also tatsächlich, wie es ja bei jeder Zentralbewegung geschieht, ein Fallen des einen Körpers gegen den anderen vorliegt, das bekanntlich darin besteht, daß der Mittelpunkt des Körpers dauernd von der tangentialen Richtung seiner Bewegung nach dem Drehpunkt hin abweicht. Das wird aber in den meisten Lehrbüchern nicht einmal erwähnt.

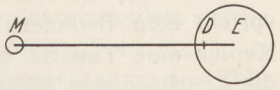


Fig. 1. Lage des gemeinsamen Drehpunktes Mond—Erde.

Ich möchte hier gleich auf einen Fehler hinweisen, der in einigen Darstellungen, die diese Doppelsternbewegung von Erde und Mond berücksichtigen, gemacht wird. In Fig. 1 stelle der größere Kreis die Erde und der kleinere den Mond dar. Da die Masse des Mondes nur der 80. Teil von der Masse der Erde ist, so muß der Drehpunkt D, um den die Mittelpunkte beider Körper während eines Mondumlaufs, also in $27^1/_3$ Tagen, kreisen, auf der Verbindungslinie ME, die bekanntlich gleich 60 Erdradien ist, so liegen, daß die Proportion besteht $DE : MD = 1 : 80$. DE muß also $^1/_{81}$ der Strecke ME, d. h. $^{60}/_{81}$ oder rund $^3/_4$ vom Erdradius sein. Der Drehpunkt D des Doppelsternpaares Erde—Mond liegt also noch in der Erde auf der Verbindungslinie der Mittelpunkte beider Körper, $^1/_4$ Erdradius unter der Erdoberfläche. Der oben erwähnte Fehler, der nun gemacht wird, besteht in folgendem: Es wird in den Darstellungen von vornherein, wie es ja auch geschehen muß, betont, daß zunächst von der Achsendrehung der Erde abgesehen wird. Dann aber wird mit einer Vorstellung operiert, die dieser gemachten Einschränkung gar nicht entspricht. Man denke sich, die beiden Kreise in Fig. 1 seien zwei Holzscheiben, die mit Stiften, die durch ihre Mittelpunkte gehen, an einem Holzbalken ME befestigt sind. Bei D sei die Scheibe E senkrecht zur Zeichenebene durchbohrt, und durch diese Bohrung und

den Balken gehe eine Achse, um die sich der Balken mit den beiden Scheiben drehen kann. Diese kleine Vorrichtung veranschaulicht die Vorstellung, mit der in den erwähnten Erklärungen operiert wird. Der Fehler, der hierbei gemacht wird, besteht darin, daß man bei dieser Vorstellung gar nicht vollständig von der Achsendrehung der Erde absieht, weil ja die Erde während eines Mondumlaufes eine einmalige Achsendrehung immer noch ausführt, da sie dabei stets dasselbe Gesicht dem Monde zuwendet. Die rechnerische Auswertung dieser Vorstellung führt dann zu Zahlenergebnissen, die etwa 34mal zu groß sind, so daß Fluthöhen entstehen müßten, die es auf der Erde nicht gibt. Bei einer korrekten Darstellung, die einleitend betont, daß zunächst von der Achsendrehung der Erde abgesehen werden soll, darf auch diese einmalige Achsendrehung während eines Mondumlaufes nicht zugelassen werden.

Auf die phantastischen Vorstellungen, die man im Altertum und im Mittelalter sich über die Ursachen des Phänomens bildete, braucht man im Unterricht meines Erachtens nicht näher einzugehen. Die Erfahrung zwang ja dem Menschen die Erkenntnis auf, daß die Gezeitenerscheinung mit dem Mond irgendwie in Zusammenhang stehen müsse, und man schrieb dem Mond und der Erde „verborgene Eigenschaften“ zu, die diese merkwürdigen Wasserbewegungen hervorrufen sollten. Galilei spricht sein Bedauern darüber aus, daß noch ein so scharfsinniger Gelehrter wie Kepler eine Theorie über die Ebbe- und Fluterscheinung aufgestellt habe, die ihm die „verborgenen Eigenschaften“ der alten Philosophen wieder einzuführen schiene. Der erste, der die wesentlichen Ursachen des Gezeitenphänomens richtig erklärte, war Newton. Ich habe aber die Auffassung, daß man aus historischen und auch unterrichtlichen Gründen die Erklärung, die Galilei für diese eigentümliche Erscheinung gefunden zu haben glaubte, im Unterricht nicht übergehen darf. Wenn diese Galileische Erklärung auch falsch ist, so ist es doch von unterrichtlichem Wert, den Irrtum aufzudecken. Dann aber hat ja dieser Erklärungsversuch Galileis in seinem Kampf um die Koppernikanische Lehre eine bedeutsame Rolle gespielt, insofern er in der Ebbe- und Fluterscheinung einen unwiderlegbaren Beweis für die Achsendrehung und die Revolutionsbewegung der Erde in Händen zu haben glaubte und eine schwere Enttäuschung erlebte, als die theologischen Gelehrten seinem Gedankengange nicht folgen wollten. Dieser Erklärungsversuch Galileis kann kurz folgendermaßen skizziert werden: Wenn ein Mensch einen etwa zur Hälfte mit Wasser gefüllten Eimer trägt und sich in eine beschleunigte Bewegung versetzt, so wird das Wasser wegen seiner Trägheit an der im Sinne der Bewegung zurückliegenden Seite höher stehen als an der Vorderwand. Geht dann der Mensch aus der beschleunigten Bewegung in eine verzögerte über, so wird das Wasser, das inzwischen die größere Geschwindigkeit angenommen hat, infolge seiner Trägheit vorauseilen und an der vorderen Seite des Eimers höher als an der hinteren stehen. In Fig. 2 stehe bei S die Sonne, und der Kreis um E stelle die Erde dar. Der größere durch E gehende Kreisbogen sei ein Teil der Bahn, welche die Erde um die Sonne beschreibt. Die Pfeile geben die Richtungen an, in denen sich die Erde um die Sonne bewegt und um ihre Achse dreht. Die absolute Geschwindigkeit des Punktes A ist dann gleich der Summe der beiden Geschwindigkeiten, die sich aus der fortschreitenden Bewegung um die Sonne und aus der Achsendrehung ergeben, während die wirkliche Geschwindigkeit des Punktes B gleich der Differenz der beiden genannten Geschwindigkeiten ist. Der Wasserbehälter, der sich in Analogie zu dem vorhin skizzierten Versuch bei der Achsendrehung der Erde von A nach B verzögert und von B nach A beschleunigt bewegt, war für Galilei offenbar das mittelländische Meer. In A müßte danach das Wasser an der Rückseite den höchsten Stand (Flut) und in B an der Vorderseite den höchsten Stand haben, wobei an den anderen Seiten jedesmal Ebbe sein müßte. Gegen die Richtigkeit dieser Erklärung spricht zunächst die Erfahrung, denn nach Galileis Erklärung dürfte an einem Tage nur einmal Flut und nur einmal Ebbe auftreten. Außerdem müßte jedesmal auf Mittag (B) bei Port Said Flut und bei Gibraltar

Ebbe sein, während um Mitternacht (A) die Erscheinungen sich umgekehrt haben müßten. Will man physikalisch einsehen, daß diese Erklärung falsch ist, so denkt man sie am einfachsten nach dem Unabhängigkeitsprinzip durch und fragt zunächst, welche Formänderung jede der beiden Bewegungen für sich allein, ohne daß die andere gleichzeitig vorhanden ist, an der Kugelgestalt der Erde hervorzurufen imstande ist. Dabei ergibt sich: Wenn alle Teile der Erde dieselbe Geschwindigkeit besitzen, wie das ja bei der Revolutionsbewegung bis auf einen belanglosen kleinen Unterschied zwischen der Innen- und Außenseite der Fall ist, so kann diese gleichförmige Bewegung aller Teile, die hier angenommen werden möge, für sich allein, selbst wenn die Erde nur aus Wasser bestände, keine Formänderung an der Kugelgestalt hervorrufen. Die Rotation der Erde um ihre Achse, für sich allein betrachtet, bewirkt infolge der Fliehkraft eine gürtelförmige Auftreibung am Äquator, die aber dauernd besteht, uns also wegen des Fehlens jeder periodischen Änderung nicht auffallen kann. Durch das Zusammenwirken beider Bewegungen kann daher an dem dauernden Bestand des um den Äquator herum liegenden Wulstes nichts geändert werden, so daß der periodische Wechsel von Ebbe und Flut durch diese beiden Bewegungen der Erde sich nicht erklären läßt. Galilei war, obwohl er die Besonderheiten des Ebbe- und Flutphänomens, wie sie sich an den verschiedenen Stellen der Erde zeigen, nicht erklären konnte, doch ganz fest von der Richtigkeit des Grundgedankens seiner Theorie überzeugt. Das zweimalige Auftreten der Flut während eines Tages wollte er durch eine Schwingungsbewegung des Wassers erklären, die durch die oben dargestellten Geschwindigkeitsänderungen angeregt werde. Er war der Meinung, daß eine weitere Durcharbeitung der Theorie auch die Erklärung der Einzeltatsachen bringen würde, und er hatte zu dem Grundgedanken seiner Ebbe- und Fluttheorie genau dieselbe Einstellung wie überhaupt im ganzen zur Koppernikanischen Lehre. Als Gegner dieser neuen Lehre geltend machten, daß gewisse Unstimmigkeiten, die sich an den Himmelserscheinungen zeigten, die ganze Lehre widerlegten, verglich er sie mit Menschen, die ein Haus einreißen wollen, weil ein Ofen raucht. In bezug auf die Koppernikanische Lehre hat Galilei recht behalten, in bezug auf seine Ebbe- und Fluttheorie aber irrte er.

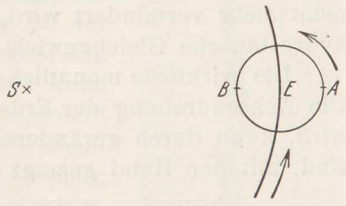


Fig. 2. Die Erdeauf ihrer Bahn um die Sonne.

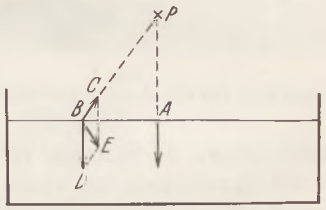


Fig. 3. Glasschale mit Eisenchlorid unter einem Magnetpol.

Wenn man nun an die Erklärung der Gezeitenerscheinung herangeht, dürfte es sich empfehlen, folgendes Gedankenexperiment vorauszuschicken: Man denke sich (Fig. 3) eine Glasschale teilweise gefüllt mit Eisenchlorid, das bekanntlich auf einen Magneten reagiert. Das Eisenchlorid steht wie jede Flüssigkeit horizontal; denn die Richtungen der Schwerkraft, welche die Erde auf die einzelnen Teile der Flüssigkeit ausübt, sind bei mäßiger Ausdehnung der Flüssigkeitsoberfläche als parallel anzusehen, und die Oberfläche stellt sich senkrecht zu diesen Kraftrichtungen, also horizontal ein. Nun denke man sich in P einen Pol eines starken Elektromagneten. Wird der Strom des Elektromagneten eingeschaltet, so wird die Schwerkraft der senkrecht unter dem Pol bei A liegenden Flüssigkeit durch die ihr entgegenwirkende magnetische Anziehung vermindert, sie behält aber ihre vertikale Richtung. An der Stelle B werde die Schwerkraft durch die vertikale Strecke BD dargestellt und die in der Richtung BP wirkende magnetische Anziehung durch die Strecke BC. Beide liefern BE als Resultierende. Die in B tatsächlich wirkende Kraft BE ist nun nicht mehr vertikal, sondern schräg. Denkt man sich jetzt für alle Teile der Flüssigkeitsoberfläche in dieser Weise die resultierenden Kraftrichtungen konstruiert, so erkennt man, daß die Flüssigkeitsoberfläche, die sich ja senkrecht zu den Kraftrichtungen einstellt, nicht mehr eine horizontale Ebene,

sondern eine nach P hinzeigende Kuppe bilden wird. Man kann übrigens diese Resultierende BE wieder in eine vertikale und eine horizontale Komponente zerlegen und erkennt dann, daß die horizontalen Komponenten nach der Stelle A Flüssigkeit verschieben werden, bis ein Gleichgewichtszustand eingetreten ist. Will man summarischer verfahren, so kann man auch sagen: Das Gewicht der unter dem Magnetpol liegenden Eisenchloridteile wird durch die magnetische Anziehung vermindert, und die in größerem Abstande liegenden Flüssigkeitsteile, deren Gewicht schwächer oder gar nicht mehr vermindert wird, drücken Flüssigkeit in dem Maße nach A hin, daß das hydrostatische Gleichgewicht wieder hergestellt wird.

Die wirkliche monatliche Bewegung zeigt uns das in Fig. 4 abgebildete Lunarium. Die Achsendrehung der Erde, von der bei der Gezeitenerklärung zunächst abgesehen wird, kann durch geränderte Schrauben, die an den Polen des Erdglobus angebracht sind, mit der Hand gezeigt werden. Die Erhaltung des Parallelismus der zur Mondbahnebene schräg gestellten Erdachse wird durch eine Transmission bewirkt. Der Erdmittelpunkt liegt senkrecht über A, und der gemeinsame Massenmittelpunkt D, um den sich Mondmittelpunkt und Erdmittelpunkt in etwa $27^1/_3$ Tagen herumbewegen, liegt auf der Verbindungslinie Erde—Mond da, wo die Verlängerung der Stativachse St diese Verbindungslinie trifft. Durch zwei gebogene Blechstreifen werden die beiden Flutberge auf der dem Monde zugewandten und der entgegengesetzten Seite angedeutet. Dreht man mit den Kordelschrauben den Globus, so sieht man, wie sich die Erde sozusagen unter den stehenbleibenden Flutbergen hinwegdreht, wie also dabei jeder Punkt der Erde an einem Tage zweimal in einen Flutberg und zweimal in ein Gebiet der Ebbe gelangt. Man kann auch zeigen, daß von einem Hochwasser bis zum übernächsten Hochwasser nicht genau 24 Stunden vergehen, sondern etwa 50 Minuten mehr. Da nämlich der Mond inzwischen um rund 13^0 auf seiner Bahn weitergerückt ist, so muß die Erde sich noch ein Stück weiterdrehen, ehe das übernächste Hochwasser an derselben Stelle der Erde eintritt, und dazu gebraucht sie rund 50 Minuten. Demnach vergeht von einem Hochwasser bis zum nächsten Niedrigwasser an einer Stelle der Erde eine Zeit von rund 6 Stunden $12^1/_2$ Minuten.

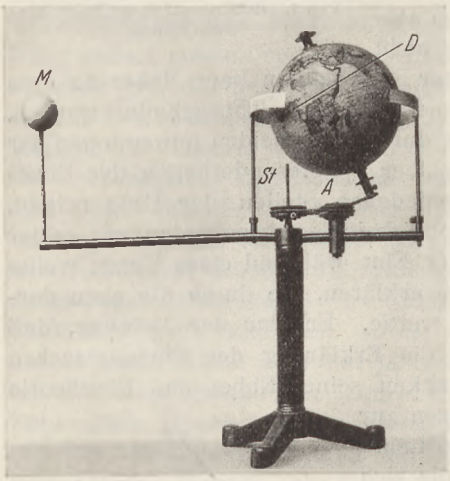


Fig. 4.
Lunarium, das die Mond—Erde-Bewegung zeigt.

Wenn man an dem Lunarium die Erde—Mond-Bewegung ausführt, ohne den Erdglobus dabei um seine Achse zu drehen, so erkennt man, daß infolge der Parallelerhaltung der Erdachse der Drehpunkt D keineswegs an dasselbe Massenteilchen des Erdkörpers gebunden bleibt, sondern daß die Massenteilchen sich dabei dauernd verschieben und andere Massenteilchen der Erde an die Stelle D gelangen. Um nun zu erkennen, welche Bewegung jedes Massenteilchen der Erde während eines Mondumlaufes dabei ausführt, benutzt man den in Fig. 5 abgebildeten Apparat. Erde und Mond werden durch die Mondbahnebene in 2 Kreisen geschnitten, die an dem Apparat durch die beiden weißen Scheiben dargestellt sind. Denkt man sich nun den Erdmittelpunkt E mit irgendeinem andern Punkt der Erde, z. B. dem schwarz gekennzeichneten Punkte P, verbunden, so wird die Verbindungsstrecke EP der beiden Punkte während einer monatlichen Bewegung wegen der Parallelerhaltung der Erdachse stets sich selbst parallel bleiben. Da aber der Erdmittelpunkt E dabei einen Kreis mit einem Radius, der gleich $^3/_4$ des Erdradius ist, um den gemeinsamen auf der Strecke EM liegenden Drehpunkt beschreibt, so muß der andere Endpunkt P

der sich stets parallel bleibenden Strecke EP ebenfalls einen Kreis beschreiben, der dem von E beschriebenen kongruent ist; er ist nur seitlich gegen ihn verschoben. Bei dieser monatlichen Bewegung beschreiben also alle Massenteilchen der Erde kongruente Kreise mit einem Radius, der gleich $^3/_4$ des Erdradius ist. Will man den Mittelpunkt des Kreises, der von irgendeinem Massenteilchen beschrieben wird, bestimmen, so ziehe man von dem Massenteilchen zu der Verbindungslinie Erde—Mond die Parallele und trage auf ihr $^3/_4$ des Erdradius nach dem Monde hin ab. Der Ring Ri, der durch klemmende Teile verschiebbar an dem Stativ angebracht ist, hat einen Radius, der gleich $^3/_4$ des Erdradius ist, und kann für irgendein beliebiges Massenteilchen der Erde so eingestellt werden, daß er sich mit dem von dem Massenteilchen zu beschreibenden Kreise deckt. Stellt man ihn also für das Massenteilchen richtig ein und führt die Erde—Mond-Bewegung aus, so sieht der Schüler, daß tatsächlich das betreffende Massenteilchen der Erde sich am Ring entlang bewegt. Dabei ergibt sich die wichtige Tatsache, daß genau so, wie der Erdmittelpunkt E sich auf seinem Kreise stets auf der vom Mond abgewendeten Seite befindet, auch alle Teilchen der Erde beim Beschreiben des ihnen zugeordneten Kreises stets auf der vom Mond abgewendeten Seite liegen. Da nun bei diesen Kreisbewegungen der Massenteilchen der Erde in ihnen Fliehkräfte auftreten, so geht aus der Tatsache, daß alle Teilchen kongruente Kreise in derselben Zeit durchlaufen, erstens hervor, daß die Fliehkräfte bei allen Teilchen gleich groß sind; und aus der Tatsache, daß jedes Teilchen beim Beschreiben seines Kreises sich immer auf der vom Mond abgewendeten Stelle befindet, ergibt sich zweitens die Folgerung, daß diese gleichen Fliehkräfte der Teilchen vom Monde fortgerichtet sind.

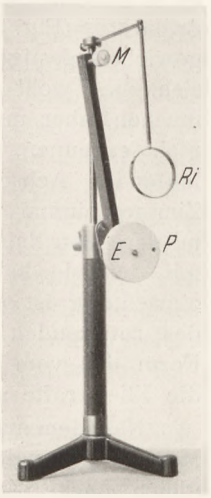


Fig. 5. Apparat, der veranschaulicht, daß ohne Achsendrehung alle Punkte der Erde kongruente Kreise beschreiben.

Der in Fig. 6 abgebildete Apparat dient dazu, den Schülern diese beiden Tatsachen drastisch vor Augen zu führen. Der Apparat ist eine Schwungmaschine, deren Antrieb mit den Schnurscheiben sich unterhalb eines die Apparateteile tragenden Balkens befindet. Auf der schnell laufenden Achse sitzt oben bei C der Holzbalken AB, der sich also beim Inbetriebsetzen der Maschine in horizontaler Ebene dreht. Der wichtigste Teil ist der zylindrische Körper K. Dieser besteht aus zwei durch eine Achse auseinandergehaltenen Ringen von 6 cm Halbmesser. Zwischen diesen Ringen sind, gleichmäßig ringsherum verteilt, 8 Kugeln durch nicht zu starke Spiralfedern eingespannt, so daß jede Kugel zwischen zwei Spiralfedern sitzt. Dieser zylindrische Körper hat unten einen Zapfen, mit dem er leicht drehbar durch eine Hülse im Balken AB hindurchgeht. Diese Hülse, in der sich also der zylindrische Körper mit dem Zapfen drehen kann, ist in $^3/_4$ des Radius, also in $4^1/_2$ cm Abstand von der schnell laufenden Achse C, angebracht. Unterhalb des Balkens AB sitzt fest verschraubt auf dem Zapfen des zylindrischen Körpers K eine Schnurscheibe und eine gleich große Schnurscheibe fest verschraubt auf der Hülse, durch welche die schnell laufende Achse hindurchgeht. Diese Schnurscheibe sitzt also fest am Gestell des ganzen

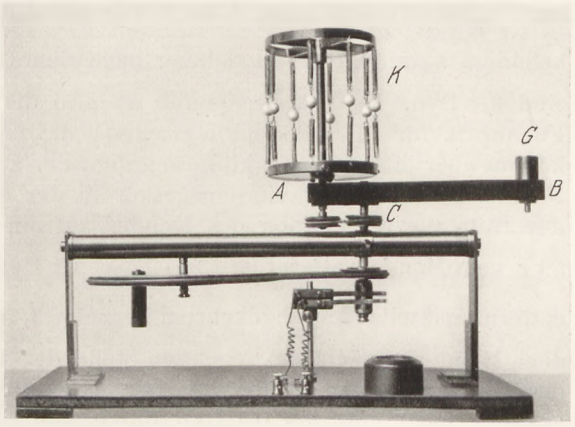


Fig. 6. Apparat, der veranschaulicht, daß die Fliehkräfte aller Punkte der Erde gleich und vom Monde fortgerichtet sind.

Apparates und kann sich daher nicht drehen. Um sie und um die gleich große am Zapfen des Körpers K sitzende Schnurscheibe geht eine Transmission. Dadurch wird erreicht, daß beim Rotieren des Balkens AB der zylindrische Körper K genau dieselbe schaukelnde Bewegung macht wie die die Erde darstellende Scheibe des vorigen Apparates (Fig. 5). Zum Ausbalanzieren ist auf dem Balken AB bei G ein Gegengewicht befestigt, das den Mond darstellt. Dreht man nun die Schwungmaschine, so sieht man wohl an den Kugeln und Federn, daß sich an ihnen Fliehkräfte bemerkbar machen, aber man kann bei der schnellen Rotation — und diese ist erforderlich — nicht erkennen, nach welcher Richtung sie wirken. Deshalb ist unten an der schnell laufenden Achse ein Schalter angebracht, der bei jedem Umlauf im verdunkelten Zimmer einmal eine elektrische Lampe kurze Zeit aufleuchten läßt. Bei dieser intermittierenden Beleuchtung der Rotation sieht man dann ganz deutlich, daß alle Kugeln mit den sie haltenden Spiralfedern vom Monde fortgedrückt werden. Die Schalteinrichtung ist ganz leicht zu verstellen, so daß man bei jeder beliebigen Stellung des rotierenden Balkens AB die Beobachtung machen kann. Aus der parallelen Form der vom Monde fortgedrückten Spiralen ist auch der Schluß zu ziehen, daß die Fliehkräfte gleich stark sind.

Nachdem auf diese Weise den Schülern anschaulich klar gemacht worden ist, daß alle Massenteilchen der Erde bei der Mond—Erde-Bewegung um den gemeinsamen Drehpunkt gleich starke Zentrifugalkräfte, die vom Monde fortgerichtet sind, erfahren, zieht man nun die Gravitation des Mondes in Betracht. Es ist dabei möglich, auch rechnerisch etwas an das Problem heranzugehen. Wie bei allen Doppelsternpaaren ist auch hier im Erdmittelpunkt die Gravitation, die der Mond auf ein Massenkilogramm ausübt, gleich der Fliehkraft. Die Größe dieser der einfacheren Rechnung wegen auf ein Massenkilogramm bezogenen Gravitation ist durch folgende einfache Schlußrechnung zu finden: An der Erdoberfläche, also im Abstande eines Erdradius r vom mathematischen Sitze der Erdanziehung (dem Erdmittelpunkte), ist bekanntlich die Anziehungskraft der Erde auf ein Massenkilogramm 981000 Dyn. Wäre die Masse der Erde gleich der Mondmasse, so könnte die Anziehungskraft an der Erdoberfläche nur $\frac{981000}{80}$ Dyn betragen. Und würde das Massenkilogramm sich im Abstande $60\ r$ befinden, so müßte die Anziehung nach dem Gravitationsgesetz $\frac{981000}{80 \cdot 3600}$ Dyn sein, das sind 3,4 Dyn. Im Erdmittelpunkt ist also die Gravitation des Mondes und auch die Fliehkraft für ein Massenkilogramm 3,4 Dyn. Die Stärke der Fliehkraft 3,4 Dyn kommt aber jedem Massenkilogramm auf der Erde zu, gleichgültig, wo es sich befindet. Nun ist nach dem Gravitationsgesetz an der dem Mond am nächsten liegenden Stelle der Erde die Gravitation des Mondes auf ein Massenkilogramm, da es dort nur um $59\ r$ vom Monde entfernt ist, $3{,}4 \cdot \frac{60^2}{59^2} = 3{,}5$ Dyn und an der vom Mond am weitesten entfernten Stelle der abgekehrten Erdseite $3{,}4 \cdot \frac{60^2}{61^2} = 3{,}3$ Dyn. Demnach wird an der dem Mond am nächsten liegenden Stelle der Erde die Fliehkraft von der Gravitation des Mondes um 3,5—3,4 = 0,1 Dyn übertroffen, d. h. das Gewicht eines Massenkilogramms wird hier um 0,1 Dyn durch den Einfluß des Mondes verringert. Auf der vom Mond abgekehrten Erdseite wird dagegen an der vom Mond am weitesten entfernten Stelle die Gravitation des Mondes von der Fliehkraft um $3{,}4 - 3{,}3 = 0{,}1$ Dyn übertroffen, d. h. auch dort wird das Gewicht eines Massenkilogramms um 0,1 Dyn verringert. Man nennt diese Gewichtsverminderung „flutbildende“ Kraft. Der Betrag von je 0,1 Dyn für die beiden auf der dem Monde zugekehrten und der von ihm abgekehrten Seite der Erde ergibt sich bei angenäherter Rechnung, beide Kräfte sind also nur nahezu gleich. Die genaue Rechnung zeigt, daß die flutbildende Kraft auf der vom Mond abgekehrten Seite der Erde um eine Kleinigkeit geringer ist; doch tritt der Unterschied erst in der dritten Dezimalstelle auf.

Indem man an den Vorversuch (Fig. 3) anknüpft, kann man nun darauf hinweisen, daß also auch hier bei der Ebbe- und Flut-Erscheinung an den beiden Stellen der Erde, für die der Mond im Zenit bzw. Nadir steht, das Gewicht eines Massenkilogramms vermindert wird, und deshalb ähnlich wie bei dem Vorversuch die Flutberge entstehen. Es empfiehlt sich meines Erachtens keinesfalls, im Schulunterricht mathematisch noch tiefer auf das Problem einzugehen, da es zu kompliziert wird. Man muß nämlich beachten, daß an Stellen der Erde, für die der Mond nicht im Zenit oder Nadir steht, die Richtungen der Gravitation und der Fliehkraft nicht mehr den Winkel 180° bilden, sondern einen Winkel, dessen Größe bis zu dem Betrage $180^0 - 57'20'' = 179^0\,2'40''$ abnimmt, wobei 57′20″ die Horizontalparallaxe ist. Dann muß man jede der beiden Kräfte in eine Horizontal- und eine Vertikalkomponente zerlegen, wobei nur eine rechnerische Verfolgung zu der gewünschten Einsicht führt. Dieser Zeitaufwand — ganz abgesehen von der Kompliziertheit — rechtfertigt sich in der Schule nicht. Allerdings können noch Betrachtungen über das Zustandekommen der Springfluten und Nippfluten und über die Einflüsse hinzugefügt werden, welche die Form der Küsten und die Winde auf die Fluthöhe und den Zeitpunkt des Eintretens des Hoch- und Niedrigwassers ausüben.

Interessant ist übrigens das Ergebnis, das man erhält, wenn man dieselbe Rechnung für den Mond durchführt. An der Oberfläche des Mondes würde ein Massenkilogramm 164600 Dyn wiegen, und dieser Betrag wird auf der der Erde zugekehrten Seite um 2,5 Dyn und auf der von der Erde abgekehrten Seite um 2,7 Dyn (rund) vermindert. Die Gewichtsverminderung eines Massenkilogramms auf der Erde um 0,1 Dyn macht rund 0,00001% aus. Auf dem Mond aber, wo auf 164600 Dyn eine durchschnittliche Verminderung von 2,6 Dyn kommt, macht diese Verminderung 0,0015% aus. Die prozentuale Verminderung ist also auf dem Monde 150mal so groß wie auf der Erde. Nimmt man nun als durchschnittliche Fluthöhe auf dem freien Ozean der Erde 0,65 m an, und wäre es zulässig, eine Proportionalität der Fluthöhen mit diesen prozentualen Gewichtsverminderungen anzunehmen, so würde sich für den Mond ergeben, daß dort die Fluthöhe zu der Zeit, als er noch flüssig war, $150 \times 0{,}65\text{ m} = 95{,}5\text{ m}$ betrug, wobei allerdings die Fluthöhe auf der von der Erde abgekehrten Seite einige Meter höher als auf der zugekehrten war. In dieser etwas eiförmigen Gestalt ist er dann erstarrt. Wenn man nämlich schon bei der geringen Fluthöhe auf der Erde eine Bremsung der Achsendrehung infolge der bei der Wasserbewegung auftretenden Reibung konstatieren will, so ist diese Bremsung auf dem Mond erheblich stärker gewesen, so daß ja auch die Achsendrehung des Mondes heute so weit vermindert ist, daß er sich bei einem Umlauf auch nur einmal um seine Achse dreht; es würde also heute, auch wenn er noch flüssig wäre, keine Massenbewegung mehr stattfinden.

Ich möchte zum Schluß in bezug auf die von mir gebauten und in den Figuren 4, 5 und 6 abgebildeten Apparate folgendes sagen: Das, was der Schüler an dem Apparat Fig. 4 lernen soll, kann ihm auch an dem MANGschen oder einem ihm ähnlichen Apparat klargemacht werden. Der Apparat Fig. 5 kann natürlich in viel einfacherer Form hergestellt werden, wobei die Verhinderung jeglicher Rotation der die Erde darstellenden Scheibe ohne Transmissionseinrichtung lediglich mit der Hand bewirkt werden kann. Und in bezug auf den Apparat Fig. 6, der das Auftreten gleich großer und paralleler Fliehkräfte, die alle von dem Monde fortgerichtet sind, zeigen soll, möchte ich bemerken, daß R. SCHUMANN im 36. Jahrgang (1923) dieser Zeitschrift S. 177 bereits einen einfacheren Apparat beschrieben hat, der demselben Zweck dienen soll. Da bei dem SCHUMANNschen Apparat die Kugeln mit Fäden an einem Ring aufgehängt sind, habe ich mich zu einem Nachbauen dieses Apparates nicht entschließen können, weil die von mir erdachte Konstruktion mit den federnd aufgehängten Kugeln und der intermittierenden Beleuchtung eine zuverlässigere Wirkung auch bei geringerer Sorgfalt des Experimentierenden zu versprechen schien. Doch erfüllt der Apparat von R. SCHUMANN sicher ebenfalls seinen Zweck.

Die hier von mir benutzte Darstellungsweise der die Ebbe- und Fluterscheinung hervorrufenden Kräfte liegt auch der Behandlung zugrunde, die das Phänomen in den neueren Auflagen des Lehrbuchs der Physik von Müller-Pouillet und in dem Handbuch der Experimentalphysik von Wien und Harms erfährt. Natürlich wird dort die Erscheinung in aller Ausführlichkeit und mit allem mathematischen Rüstzeug behandelt. Ich glaube aber, daß dieses Verfahren zuerst von G. M. Davis, Professor an der Harvard-Universität angewandt worden ist. Wenigstens gibt George Howard Darwin in seinem Buch über Ebbe und Flut (deutsch von Agnes Pockels, 2. Aufl., Leipzig, B. G. Teubner, 1911) in einer Fußnote an, daß ihm „diese Methode, den Ursprung der fluterzeugenden Kraft darzulegen, von Prof. Davis angegeben" worden sei. Poske weist in einem Nachwort zu dem Beitrage von R. Schumann (diese Zeitschr. **36**, 177; 1923) mit Nachdruck auf die Beachtlichkeit dieser Erklärungsweise hin.

Die Wägung von Gasen als dynamisches Problem.

Von **Wilhelm Westphal** in Berlin.

Wenn man in bekannter Weise das Gewicht eines Gases mit einem Pyknometer mißt, so scheint das auf den ersten Blick ein ganz einfaches Problem zu sein. Es scheint einleuchtend, daß das Gewicht eines mit einem Stoff gefüllten Gefäßes notwendig um das Gewicht dieses Stoffes größer sein müsse, als das des evakuierten Gefäßes. Man wird aber im Unterricht immer verwunderte Gesichter sehen, wenn man auf die kinetische Gastheorie hinweist und darauf aufmerksam macht, daß doch in jedem Augenblick immer nur ein überaus kleiner Bruchteil aller Gasmoleküle in Wechselwirkung mit den Gefäßwänden steht, und daß jeweils nur diese wenigen Moleküle eine Einwirkung auf die Waage ausüben können. Sämtliche übrigen Moleküle, die sich ja frei im Gasraum bewegen, können zu dieser Wirkung nichts beitragen. Trotzdem wird behauptet, daß die Waage das richtige Gesamtgewicht aller Moleküle anzeigt. Das ist ohne eine nähere Betrachtung nicht einzusehen. Wenn man also nicht oberflächlich verfahren will, so ist es nötig, die Wägung eines Gases als dynamisches Problem zu betrachten.

Das Gas sei in ein Gefäß mit horizontalen und vertikalen Wänden eingeschlossen. In bekannter Weise dürfen wir von den Zusammenstößen der Gasmoleküle unter sich absehen, weil bei ihrer ungeheuer großen Zahl stets mit beliebiger Wahrscheinlichkeit damit gerechnet werden kann, daß für jedes durch Zusammenstoß aus seiner Bahn abgelenkte Molekül irgend ein anderes eintritt, das im gleichen Augenblick durch Zusammenstoß nach Betrag und Richtung die gleiche Geschwindigkeit erhält, die bis dahin das erste Molekül hatte. Wir definieren nun auf folgende Weise einen Elementarakt. Jeder Elementarakt beginnt in dem Augenblick, in dem ein Molekül beim Zusammenstoß mit der unteren oder oberen Wand gerade bis zur Geschwindigkeit Null abgebremst ist, und endet in dem Augenblick, wo es beim nächsten Zusammenstoß mit einer dieser Wände gerade wieder die Geschwindigkeit Null erlangt hat. (Von den Zusammenstößen mit den Seitenwänden kann offenbar abgesehen werden.) Während der Dauer eines solchen Elementaraktes bewegt sich das Molekül nach unsrer Voraussetzung frei und nach den Gesetzen der Wurfbewegung durch den Raum. Wir müssen nun zwei Fälle unterscheiden: 1. Der zweite Wandstoß findet wieder an der gleichen Wand statt, 2. er findet an der gegenüberliegenden Wand statt.

Das Molekül starte an der unteren Wand und habe nach Trennung von der Wand die Geschwindigkeit v unter einem Anstellwinkel φ gegen die Vertikale. Es hat dann eine horizontale Geschwindigkeitskomponente $v_x = v \sin \varphi$ und eine vertikale Geschwindigkeitskomponente $v_y = v \cos \varphi$. Aus den Gesetzen der Wurfbewegung folgt in einfacher Weise, daß das Molekül, wenn es die obere Wand nicht erreicht, nach der Zeit $t_x = 2 v \cos \varphi / g$ die untere Wand mit der Geschwindigkeitskomponente $v_y' = - v \cos \varphi$

senkrecht zur Wand wieder erreicht. Trifft es aber am Ende des Elementaraktes die obere Wand, so benötigt es zum Aufstieg die Zeit $t_y = (v\cos\varphi - \sqrt{v^2\cos^2\varphi - 2gy})/g$, wenn y der Abstand der beiden Wände ist, und es hat senkrecht zur Wand die Geschwindigkeitskomponente $v_y'' = \sqrt{v^2\cos^2\varphi - 2gy}$.

1. Fall (Fig. 1). Beim Start von der unteren Wand erfährt das Molekül einen Impulszuwachs $+\mu v\cos\varphi$ (μ Masse des Moleküls). Bei der Bremsung am Ende des Elementaraktes erfährt es eine erneute Impulsänderung $-\mu v_y' = +\mu v\cos\varphi$. Insgesamt erfährt es also während des Elementaraktes die Impulsänderung $\Delta q = 2\mu v\cos\varphi$. In Wirklichkeit findet eine Kraftwirkung zwischen dem Molekül und der Wand, also eine Einwirkung auf die Waage, nur während einer überaus kurzen Zeit beim Start und bei der Bremsung statt. Da aber die Waage nur Durchnittswerte über eine gegenüber der Dauer eines Elementaraktes sehr lange Zeit anzeigt, so ist es zulässig, vom Mittelwert k der Kraft während eines Elementaraktes zu sprechen. Dieser ist, da $k = dq/dt$, gleich der gesamten Impulsänderung Δq, dividiert durch die Dauer t_x des Elementaraktes,

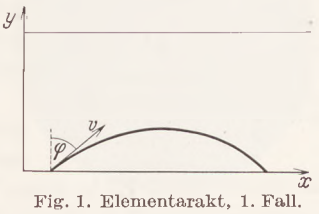


Fig. 1. Elementarakt, 1. Fall.

$$\bar{k} = \frac{\Delta q}{t_x} = \mu g, \tag{1}$$

also streng gleich dem Gewicht μg des Moleküls.

2. Fall (Fig. 2). Beim Start von der unteren Wand erfährt das Molekül ebenfalls eine Impulsänderung $+\mu v\cos\varphi$, bei der Bremsung an der oberen Wand aber eine Impulsänderung $-\mu v_y'' = -\mu\sqrt{v^2\cos^2\varphi - 2gy}$. Die gesamte Impulsänderung beträgt daher $\Delta q = \mu(v\cos\varphi - \sqrt{v^2\cos^2\varphi - 2gy}) = \mu g t_y$. Bilden wir, wie oben, das Kraftmittel über die Dauer t_y des Elementaraktes, so erhalten wir

$$k = \frac{\Delta q}{t_y} = \mu g, \tag{2}$$

also wieder streng das Gewicht des Moleküls. Für den umgekehrten Vorgang ergibt sich, wie leicht ersichtlich, das gleiche. Da nun nach unsrer Voraussetzung sämtliche Moleküle des Gases derartige Elementarakte pausenlos ausführen, so ist auch die Summe der Mittelwerte der von ihnen ausgeübten Kräfte gleich der Summe ihrer Gewichte, d. h. gleich dem Gewicht des gesamten Gases.

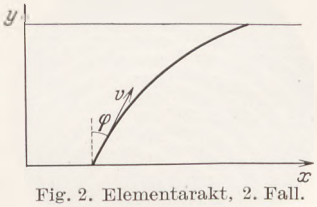


Fig. 2. Elementarakt, 2. Fall.

Da es sich um ein dynamisches Problem handelt, so könnte es scheinen, als ob die Wägung nicht die schwere, sondern die träge Masse ergibt. Daß das nicht der Fall ist, erkennt man, wenn man die Rechnung auf Grund der Ausgangsgleichung $\mu_t d^2y/dt^2 = -\mu_s g$ durchführt. In die Gleichung (1) und (2) geht dann nur die schwere Masse μ_s ein.

Die vorstehenden Ausführungen liefern gleichzeitig eine einwandfreie Grundlage für die Ableitung der barometrischen Höhenformel aus der Gleichung $dp = -\varrho g\,dh$ (ϱ Gasdichte). Will man aber die barometrische Höhenformel — in allgemeinster Form, für jede beliebige Temperatur- und Dichteverteilung — voraussetzen, so kann man auch aus ihr ableiten, daß eine Wägung stets das richtige Gasgewicht als Differenz der Druckkräfte gegen die untere und die obere Wand ergibt.

Physikalisches Institut der Technischen Hochschule Berlin.

Gerät zur Vorführung von Wasserwellen.

Von **O. Brandt** und **H. Freund** in Köln.

Wasserwellenapparate zur Vorführung der grundlegenden Erscheinungen der Wellenlehre sind bereits seit langem entwickelt und verschiedentlich beschrieben

worden[1]. Den erschöpfenden Angaben von GRIMSEHL ist späterhin nur Vereinzeltes hinzugefügt worden; dagegen hat man apparative Abänderungen vielfach versucht. Trotzdem haben die Wasserwellenapparate sich bis heute nicht so allgemein durchgesetzt, wie es mit Hinsicht auf die außerordentliche Wichtigkeit des Gebietes unbedingt erforderlich wäre. Der Grund hierfür scheint einmal in der unhandlichen Größe der Wellenwannen und der dadurch bedingten beschränkten Projizierbarkeit der Erscheinungen und zum andern in der Schwierigkeit der Herstellung eines zuverlässig arbeitenden Wellenerregers zu liegen.

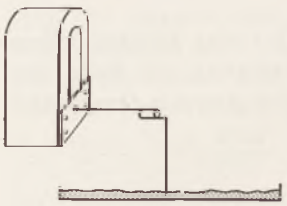


Fig. 1. Schwingsystem mit Schwingstift und Erregerarm für Kreiswellen.

Um beide Übelstände zu vermeiden, benutzten wir ein geeignetes elektromagnetisches Schwingsystem der Radiotechnik mit Anschluß an den 50-periodischen Wechselstrom als Wellenerreger. Es ist dann möglich, mit einer Wellenwanne von etwa 15×15 cm auszukommen. Damit ist dann die Möglichkeit gegeben, die Wellenbilder wie jedes andere Diabild zu projizieren. Die Ausleuchtuug eines Ausschnittes von ungefähr 10 cm genügt.

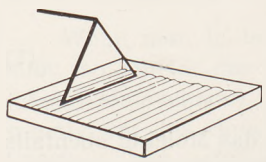


Fig. 2. Wellenwanne und Erregerbügel für Frontwellen.

Die benutzten kurzwelligen Wasserwellen (Oberflächenwellen) zeigen die vorzuführenden Erscheinungen sehr sauber und eindeutig. Störende Reflexionen von den Wänden der Wanne treten nicht auf, da sich die Wellen an der benetzten Wand totlaufen. Ein Vorteil ist auch durch die Einschaltung einer mit Schlitzen versehenen Scheibe (Stroboskop) in einen Konvergenzpunkt des Strahlenganges gegeben. Nach bekanntem Verfahren kann man durch schnelleres oder langsameres Drehen der Scheibe die Wellen im Projektionsbild mit beliebig geringer Geschwindigkeit fortschreiten lassen und dadurch die Genauigkeit der Beobachtung außerordentlich steigern.

Die Anordnung wird im folgenden kurz beschrieben. Als Beispiele sind einige von der Projektionswand aufgenommene Wellenbilder beigefügt (vgl. Fig. 3 bis 6). Bezüglich weiterer Wellenbilder und der vollständigen Beschreibung der anzustellenden Versuche sei auf die erwähnten Veröffentlichungen und die von den Verfassern bearbeiteten „Karteikarten“[2] hingewiesen.

Fig. 3. Interferenz zweier Kreiswellen.

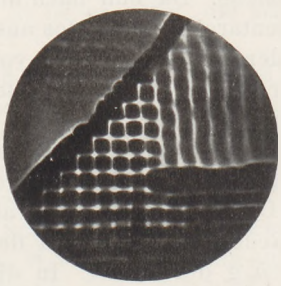


Fig. 4. Reflexion einer Frontwelle an Wand unter 45°.

Als Erreger dient ein Lautsprechersystem[3], das über einen Klingel- oder Experimentiertransformator oder einen Widerstand (als Spannungsteiler) an das Wechselstromnetz angeschlossen wird. Die verschiedenen Erregerarme werden an dem Schwingstift des Systems angebracht, wie Fig. 1 zeigt. Zur Erregung von Kreiswellen taucht ein Draht punktförmig ein; zur Erregung von Frontwellen dient ein Drahtbügel (Fig. 2), der die Oberfläche berührt. Mit anderen Erregern lassen sich die Interferenzen mehrerer

[1] E. GRIMSEHL: Zeitschr. physik. chem. Unterr. **19**, 271 (1906). W. C. L. v. SCHAIK: Zeitschr. physik. chem. Unterr. **8**, 250 (1895). E. WAETZMANN: Zeitschr. physik. chem. Unterr. **25**, 41 (1912). REISMANN: Zeitschr. physik. chem. Unterr. **36**, 110 (1923). E. v. LOMMEL: Ann. Phys. **26**, 156 (1885). W. C. BACKER: Physik. Zeitschr. **1**, 557 (1900); Phys. Rev. **10**, 175 (1900). ROSSI: Nuovo Cimento **11**, 231 (1906). A. F. WEINHOLD: Physikalische Demonstrationen. 5. Aufl. S. 364f. Leipzig 1913. R. W. POHL: Mechanik und Akustik, S. 209. 1. Aufl. Berlin 1930.

[2] Demnächst bei E. Leybolds Nachf. in Köln-Bayental.

[3] Vgl. W. WEILER: Ein einfacher Erreger für Wasserwellen. Zeitschr. physik. chem. Unterr. **20**, 107 (1907).

Kreiswellen zeigen. In Fig. 3 ist ein Wellenbild wiedergegeben, das die Interferenz zweier Kreiswellen zeigt.

Die Wellenwanne (15 × 15 cm) hat Glasboden und etwa 1 cm hohen Rand. Die Wassertiefe braucht nur wenige Millimeter zu betragen. Als Einsatzkörper dienen Blechstreifen, die bei den Versuchen leicht eingefettet werden. Fig. 4 zeigt die Reflexion einer Frontwelle an einer unter 45° geneigten Wand (Wellenrichtung im Bilde von unten nach oben). Der zu den ankommenden Wellen parallele Schirm dient zur Abblendung, so daß hinter ihm die reflektierten Wellen gesondert sichtbar sind. In Fig. 5 werden die im Brennpunkt eines Hohlspiegels erzeugten Kreiswellen als Frontwellen reflektiert. Durch einen um das Erregerzentrum gestellten zylinderförmigen Blechring mit einem Schlitz in Richtung des Hohlspiegels wird dabei erreicht, daß die Kreiswellen nur in Richtung des Hohlspiegels austreten. Als weitere Einsätze dienen Blenden mit einem oder mehreren Schlitzen zur Demonstration des HUYGENSschen Prinzips, der Beugung, Interferenz usw. in bekannter Art.

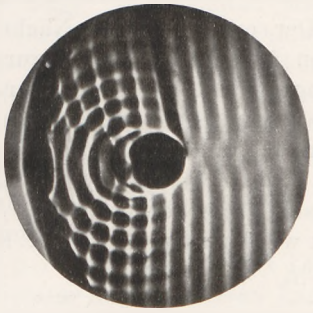


Fig. 5. Reflexion von Kreiswellen als Frontwellen.

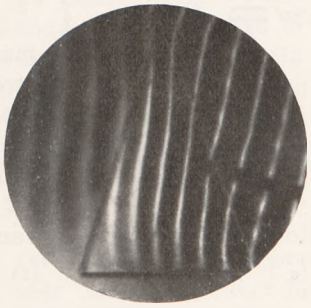


Fig. 6. Wellenbrechung durch ein Prisma.

Zur Vorführung der Brechung werden wie sonst ebene Glaskörper (Querschnitt durch planparallele Platte, Linse, Prisma) benutzt. Da die Wellenlänge über den seichten Stellen verringert wird, ergeben sich die der Lichtbrechung analogen Erscheinungen. Durch Absaugen mittels einer Pipette läßt sich die günstigste Wassertiefe einstellen. Fig. 6 zeigt die Brechung durch ein Prisma.

Die optische Anordnung (Fig. 7) zur Projektion ist die übliche. Die oben erwähnte Lochscheibe läßt sich in einfachster Weise an einer Fahrradnabe anbringen und von Hand drehen, soweit keine von Motor getriebene Stroboskopscheibe zur Verfügung steht. Stehende Wellen werden natürlich ohne Scheibe beobachtet.

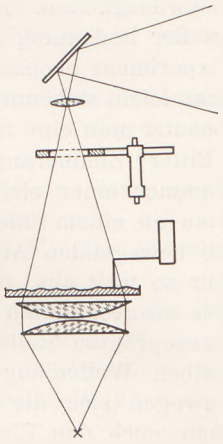


Fig. 7. Optische Anordnung zur Projektion der Wellen.

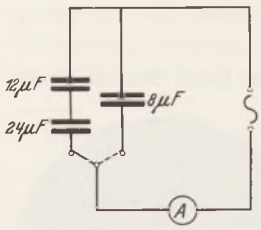
Physikalisches Institut der Universität Köln.

Das Additionsgesetz von Kapazitäten.

Von Dr. **K. A. Wingårdh** in Falun (Schweden).

Im Anschluß an die kleine Mitteilung vor H. TEICHMANN: Über die Didaktik der Einführung der Additionsgesetze von Kapazitäten (diese Zeitschr. 47, 70; 1934), will ich die von mir angewandte Methode angeben, das Additionsgesetz zu beweisen.

Der quantitative Begriff der Kapazität und ihre Einheit, das Farad, behandelt man am besten im Zusammenhange mit der Lehre vom Wechselstrom. Dabei findet man bekanntlich, daß der scheinbare Widerstand eines Kondensators gleich $\frac{1}{\omega \cdot C}$ ist. Wenn n Kondensatoren in Reihe geschaltet werden, wird der Widerstand der Kondensatorenbatterie $\sum_{1}^{n} \frac{1}{\omega C_n}$. Ein Kondensator mit derselben Kapazität C wie diese Batterie hat denselben Widerstand. Hierdurch ergibt sich:



Schaltbild für den experimentellen Nachweis des Additionsgesetzes von Kapazitäten.

$$\frac{1}{\omega C} = \sum_1^n \frac{1}{\omega C_n}, \text{ d. h. } \frac{1}{C} = \sum_1^n \frac{1}{C_n},$$

womit das Gesetz bewiesen ist.

Der experimentelle Nachweis läßt sich leicht folgendermaßen führen (siehe die Figur). In Reihe mit einem Wechselstromgenerator mit konstanter Spannung werden nacheinander geschaltet zwei Kondensatoren mit je 4 μF und ein Amperemeter. Wenn dieser Kondensator gegen einen mit der Kapazität 2 μF vertauscht wird, ergibt sich dieselbe Stromstärke. Somit ist das Gesetz bewiesen, da $^1/_4 + {}^1/_4 = {}^1/_2$ ist. Andere solche Kombinationen, die verwandt werden können, sind z. B. $^1/_8 + {}^1/_8 = {}^1/_4$; $^1/_{12} + {}^1/_{12} = {}^1/_6$; $^1/_6 + {}^1/_{12} = {}^1/_4$; $^1/_{12} + {}^1/_{24} = {}^1/_8$.

Für die Praxis.

Stehende Longitudinalwellen. Von **R. Jockel** in Berlin-Grunewald.

Stehende Transversalwellen bereiten in der Wellenlehre keine experimentellen Schwierigkeiten. Da die Erscheinung der stehenden Längswellen für die Akustik von großer Bedeutung ist, soll man auch sie schon in der allgemeinen Wellenlehre am Experiment beobachten lassen. Mit Hilfe folgender einfachen Versuchsanordnung kann man leicht stehende Längswellen mit 10 bis 25 cm Wellenlänge zeigen. Als Wellenträger benutzt man eine Spiralfeder von der Größe und Elastizität der im Handel erhältlichen „Ritter"-Zimmerantennen, als Wellenerreger einen elektrischen Unterbrecher (Wagnerhammer einer elektrischen Klingel oder ähnl.). Das eine Ende der Spirale hängt man an einem Stativ senkrecht auf, das andere wird an dem periodisch sich auf und ab bewegenden Arm etwa einer Klingel befestigt. Dabei zieht man die Spiralfeder nur so weit aus, daß die Kraft des Erregers immer noch größer als die Zugkraft der ausgespannten Feder ist. Schon nach kurzer Versuchsdauer beobachtet man die ausgeprägten Stellen einer stehenden Längswellenbewegung. In Abständen von einer halben Wellenlänge zeigen ruhende Spiralen die Stellen der Knoten; dazwischen bewegen sich die Spiralen verschieden schnell, der Ort eines Wellenbauches. Will man noch den Einfluß der Art des Endes des Wellenträgers zeigen, so kann man einmal den Versuch anstellen mit fester Verbindung des Spiralendes an dem Stativ, dann wird das Ende zu einem Knoten der Wellenbewegung. Hängt man aber die Spirale an einem etwa 10 cm langen dünnen Gummiseil an dem Stativ auf, so erscheint das Spiralende als Bauch. Hält man das jetzt freie Ende mit der Hand fest, so entsteht sogleich wieder ein Knoten am Ende des Wellenträgers, und alle vorherigen Knoten rücken um $^1/_4$ Wellenlänge weiter. Man beobachtet dieselbe Erscheinung wie bei offenen und gedeckten Pfeifen.

Versuche zum Gay Lussac-Mariotteschen Gesetz. Von **W. Tiemeyer** in Elbing.

Experimentell kann das Mariottesche Gesetz $p \cdot v = c$ durch Versuche mit der Meldeschen Röhre für 2 Werte bestätigt werden[1]. Ein mindestens 0,8 m langes Glasrohr von etwa 1 mm lichter Weite wird am einen Ende zugeschmelzt. Darin wird durch einen 380 mm langen Quecksilberfaden in waagrechter Lage die Luftmenge v_1 (= 150 mm) vom Druck $p_1 = 1$ Atm abgeschlossen. Stellt man nun dieses Rohr senkrecht, so wird beim Druck $p_2 = \frac{3}{2} p_1$ Atm das Volumen $v_2 = \frac{2}{3} v_1$. Dreht man das Rohr um 180°, so ist der Druck $p_3 = \frac{1}{2} p_1$ und das zugehörige Volumen wird $v_3 = 2 v_1$.

[1] Vgl. z. B. H. Hahn, Handbuch für physikalische Schülerübungen. 3. Aufl. S. 172. Berlin: Julius Springer 1929. Dort weitere Literatur S. 124.

Diese bekannten Versuche lassen sich auf einfache Weise noch eindrucksvoller gestalten. Man befestigt das Rohr auf einer etwa 2 cm breiten Leiste, die aber bei den ersten 30 cm stark verschmälert wird und dort zur bequemen Messung der Luftmenge einen Millimetermaßstab trägt. Weiter zieht man auf einem weißen Karton in 76 mm Abstand 6 parallele Geraden von etwa 0,5 m Länge und heftet ihn mit Reißnägeln so an eine lotrechte Tafel, daß die Geraden waagrecht verlaufen. Hält man nun das Rohr so, daß die Endpunkte des Quecksilberfadens auf zwei verschiedenen Parallelen liegen, die $76 \cdot x$ mm voneinander entfernt sind, so übt der Faden zum Druck 1 Atm einen zusätzlichen Druck $\frac{x}{10}$ Atm aus. Auf diese Weise kann man das Volumen v der Luft der Reihe nach für die Drucke 0,5; 0,6; 0,7 ... 1; 1,1; 1,2 ... 1,5 Atm bestimmen.

Gleichzeitig kann man für $p > 1$ den unteren mit Luft gefüllten Teil des Rohres in Wasser von beliebiger Temperatur tauchen. Man kann aber auch, besonders für $p < 1$, über den mit Luft gefüllten Teil des Rohres ein weiteres Glasrohr schieben und durch Hindurchleiten verschiedener Dämpfe der Luft beliebige andere Temperaturen mitteilen. Mißt man die Temperaturen T in absolutem Maß und stellt eine Tabelle mit den 3 Reihen p, v, T auf, so ergibt der Ausdruck $\frac{p\,v}{T}$ in der 4. Reihe das Gesetz mit einem Fehler von weniger als 1%. Berücksichtigt man noch beim Ziehen der Parallelen genau den jeweiligen Barometerstand (die Länge des Quecksilberfadens ist unwesentlich), so wird der Fehler noch geringer.

Das Einbringen des Quecksilberfadens ist mit Hilfe eines Tropfgefäßes und eines dünnen Drahtes leicht zu bewerkstelligen.

Eine einfache Spektrallampe. Von Dr. **R. Maurer** in Würzburg.

Im Laufe der Zeit hat der von BUNSEN gebaute Gasbrenner zahlreiche Abänderungen erfahren.

Besonders brauchbar ist die von MARSHALL gefundene Brennerform. Sie ist namentlich für Schülerübungen zu empfehlen, weil hier die Gasdüse durch Salzschmelzen und Salzkriställchen, die bei Flammenreaktionen in die Brennerröhre geraten, nicht verstopft werden kann. Die Düse mündet beim MARSHALL-Brenner seitlich am Brennerfuß.

Ferner ist vom Schüler die Luftzufuhr, die bei dieser Art Brenner von unten her erfolgt, einfach zu regeln. Er kann also leicht leuchtende, entleuchtete und rauschende Flamme herstellen, was bei dem gewöhnlichen BUNSEN-Brenner oft erschwert ist, da die Drehhülse vor den Zuglöchern durch Verunreinigung leicht unbeweglich wird.

Was aber den MARSHALL-Brenner, den die „Fabrik Chemischer Apparate" Ströhlein & Co., Düsseldorf, zu niedrigem Preis (1,50 RM, Katalog 1930) in den Handel bringt, besonders auszeichnet, ist seine mehrfache Verwendbarkeit in der Hand des Lehrers.

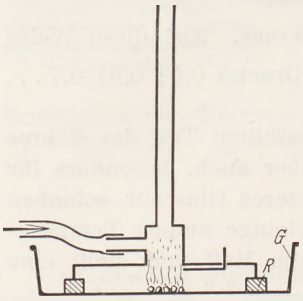
Wird beispielsweise die Bodenöffnung des Brenners mit dem Kohlensäuregasentwickler verbunden, so kann gezeigt werden, wie die leuchtende Gasflamme durch Mischen mit einem unverbrennlichen Gas (CO_2) in ihrer Temperatur so stark sinkt, daß ein Entleuchten eintritt.

Wichtiger ist die Verwendung des Brenners zur Erzeugung einfarbigen Lichtes für spekralanalytische Schau- und Übungsversuche. Dabei ist weder, wie im Spektralbunsenbrenner nach RUPP, ein Luftdruckgebläse nötig, um die zu untersuchende Salzlösung in die Flamme zu stäuben, noch ein eigens dem Brenner vorgeschaltetes Zerstäubungsgefäß, wie etwa bei den BECKMANN-Spektrallampen oder den Lampen nach THÖRNER; auch Brenner-Aufsätze und Brenner-Schlote sind nicht erforderlich.

Man hat einfach den MARSHALL-Brenner in die Salzlösung zu stellen, in die man vorher einige Zinkstückchen und einige Kubikzentimeter Salzsäure gegeben hat. Der

gebildete Wasserstoff schleudert die Salzlösung fein zerstäubt nach oben in die Brennerröhre, wo sie vom einströmenden Gas angesaugt wird.

Als Gefäß für Säure und Salzlösung eignet sich am besten ein glasierter Topfuntersetzer (*G*) (siehe die Figur) von etwa 8 bis 9 cm lichter Weite. Der Durchmesser richtet sich nach der Größe des Brennerfußes. Statt des glasierten Gefäßes kann auch z. B. bei Schülerübungen im chemischen Unterricht die Reibschale, die ja ein Bestandteil der Schülerausrüstung ist, verwendet werden. Den Topfuntersetzer kann man für 10 bis 20 Pfennig in jedem Töpfergeschäft erwerben. Zwischen Gefäßrand und Brennerfuß soll, um Säure und Salzlösung nachgießen zu können, Spielraum sein. Auch darf das Gefäß nicht so tief gefüllt werden, daß durch die Bodenöffnung von außen her keine Luft mehr in die Brennerröhre steigen kann.



MARSHALL-Spektralbrenner mit Untersatz und Gefäß.

Um den Brenner vor Säureeinwirkung zu schützen, wird es sich empfehlen, ihn auf einen Blei- oder Eichenholzring *R*, der auf dem Boden des Untersetzers liegt, zu stellen. Ebenso ratsam ist es, vor dem Wechsel der Salzlösung das Gefäß, Ring und Zinkmetall mit destilliertem Wasser zu reinigen. Das Einhalten einer bestimmten Reihenfolge der gebrauchten Salzlösungen — am besten eignen sich die Chloride — wie sie beim gläsernen STOLZENBERG-Brenner (zu beziehen von Bender & Hobein, München; Preis 6 RM) verlangt wird, ist jedoch nicht nötig.

Der MARSHALL-Spektralbrenner arbeitet sehr billig und gibt gleichmäßiges Dauerlicht. Mit einigen Körnchen Zink, 5 bis 10 ccm Salzsäure mittlerer Stärke und einigen Tropfen der Salzlösung kann man für eine halbe Stunde gleichmäßig starke Flammenfärbung erzielen. Notwendig ist allerdings, daß der Bodenriegel voll geöffnet ist, damit die zerstäubte Lösung stark nach oben gesaugt wird. Da es sich bei diesen Schau- und Übungsversuchen nur um grobe Feststellungen handelt, spielen Verunreinigungen der Säure und des Metalls keine Rolle. Wesentlich ist, daß mit diesem billigen Gerät einfarbiges Licht von großer Stetigkeit erreicht wird, was mit Platinöse und salzgetränktem Asbestpapier nicht immer erreicht wurde.

Berichte.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Geschichte der gegorenen Getränke. Bericht[1] von R. WINDERLICH in Oldenburg i. O.

Wenn man bedenkt, „daß viele Tiergruppen nicht nüchtern durchs Leben gehen, sondern wie die Ameisen, Termiten und auch Säugetiere zur Betäubung eigener Wahl greifen“ (S. IV), wenn also, wie MAURIZIO behauptet, das Bedürfnis nach Rauschmitteln allgemein und überall vorhanden ist, dann ist auch eine „Geschichte der gegorenen Getränke“ vollauf berechtigt. Man kann sich zwar auch an schönen Gedanken, ja sogar an hohlen Schlagworten berauschen, aber die alkoholischen Flüssigkeiten sind doch die häufigsten Mittel, um sich mit gleichgestimmten Genossen im Hochgefühl über die Dürre des Alltags hinwegzuheben, sie sind zugleich die verderblichsten Quellen des Lasters. Ist der Alkohol auch nur ein Rauschmittel unter vielen, so sind doch die alkoholischen Getränke von so ungeheurem Einfluß, daß die Weltreligionen sie berücksichtigten, sie entweder in ihren Kult eingliederten, oder als Teufelswerk verdammten.

ADAM MAURIZIO hat die Erfahrungen eines langen wissenschaftlichen Lebens, das vornehmlich dem Studium der angewandten Botanik, insbesondere der Nahrung aus dem Pflanzenreich gewidmet war, in mehreren Büchern niedergelegt, die ihn dauernd zu den Fragen des Gärens führten, weil das Backen vom Gären gar nicht zu trennen ist. So berichtet er über die innige Verbundenheit dieser Verfahren im alten Ägypten: „Die Brauerei samt der Bäckerei ist ausführlich bereits in den Bildwerken der 5. und 6. Dynastie der Jahre 2750 bis 2500 v. Chr. dargestellt: von der Ernte an, dem Mahlen des Kornes zwischen zwei Steinen und dem Zerkleinern des Malzes im Mörser, bis zum Sieben, Brotbacken und Zerbrechen und Aufweichen der Malzbrote. Diese wurden nicht durch-

[1] Nach dem Buch A. MAURIZIO: Geschichte der gegorenen Getränke. VIII und 262 Seiten. Mit 19 Textabbildungen. Berlin, Paul Parey, 1933.

gebacken, sondern, damit sie sich halten, nach dem Backen durch Dörren an der Sonne getrocknet. Die flachen oder kegelförmigen sehr oft abgebildeten Kuchen wurden gut geweicht, weiter verdünnt, die dickflüssige Masse vergoren. Das Bier ist dann aus den Trebern gepreßt worden, einfach mit den Händen oder mit ziemlich ursprünglichem Gerät" (S. 118).

Wenn man absieht von den seltenen Vorkommen säuerlicher oder schwach alkoholischer Flüssigkeiten in der freien Natur, z. B. in dem Saft blutender Bäume, dann ist der Gebrauch gegorener Getränke an verschiedene Voraussetzungen geknüpft: an die Beherrschung des Feuers, an die Töpferei, an die Kenntnis der Gärstoffe und der Aufschlußverfahren. Ohne Feuerherd und ohne Gefäße sind keine Aufgüsse, sind keine gegorenen Getränke aus stärkehaltigen Stoffen möglich. Die Menschen werden also vermutlich auf der Stufe der Sammler von Nährpflanzen nichts Derartiges hergestellt haben. „Erst mit dem Anbau hat die Erzeugung nennenswerter Mengen gegorener Stoffe begonnen" (S. 28). Wahrscheinlich ist jedoch der Honig und nicht irgendein Pflanzenteil der älteste Gärstoff gewesen: „Der Hirte beraubte wilde Bienenstöcke und bereitete Met" (S. 42). „Ehe die Griechen den Weinbau erlernten, haben sie den Met getrunken" (S. 48). „Nach der Hochzeit tranken Neuvermählte in ihrem ersten Liebesmonat Honigwasser, woher der ‚Honigmonat' aller modernen Sprachen herkommt" (S. 49). Von den wild wachsenden Pflanzen wurden als Rohstoffe benutzt oder werden zum Teil noch benutzt: Bärenklau, Engelwurz, Melonen u. a., die Blutungssäfte von Birke und Ahorn, die Säfte der Agaven, des Zuckerrohres und verschiedener Palmen. Weit ergiebiger für Bier oder bierähnliche Getränke erwiesen sich die angebauten Getreidepflanzen: Reis, Hirse, Hafer, Roggen, Gerste, Weizen, Dinkel. Die Trauben des Rebstockes lieferten überall auf dem Erdball den Wein. „Die älteste geschichtliche Kunde über den Wein ist im Gesetzbuch Hammurabis niedergelegt (2500 v. Chr.); sie spricht bereits vom Weinhandel" (S. 166). In Europa wurde die Kunst erfunden, auch aus Kernobst und Steinobst angenehme Hausgetränke zu bereiten. Dazu kamen schließlich noch Weine aus zahlreichen anderen zuckerhaltigen Früchten, aus Himbeeren, Brombeeren, Erdbeeren, Stachelbeeren, Johannisbeeren, Hollunder, Heidelbeeren, Preißelbeeren, Rauschbeeren, Maulbeeren, ferner aus Datteln und Feigen, aus Johannisbrot und Bananen. Um die Wende des 18. zum 19. Jahrhundert rückte der Branntwein aus Kartoffeln in Nord- und Nordost-Europa mengenmäßig an die erste Stelle. „Die erste Nachricht über die Kartoffelgärung bei uns dürfte die von dem vielseitigen pfälzischen Gelehrten JOH. JOACH. BECHER vom Jahre 1682 sein: „Ich habe die amerikanischen Potatos oder Erd-Äpfel mit sehr gutem Succeß in Österreich gepflanzet, welche gutes Brot, Wein und Brandwein geben" (S. 209). „Im Jahre 1747 brachte die königl. schwed. Akad. d. Wissensch. Abhandlungen von CARL SKYTTE und von LANTINGHAUSEN ‚wie aus den Potatoes Brandwein zu brennen' sei und Berichte über gewerbliche Erfolge" (S. 211).

In den letzten Jahrzehnten unserer Zeit müht sich die Chemie mit ganz modernen Rohstoffen, sie verarbeitet Abfälle der Großbetriebe auf Alkohol: Sägespäne, Sägemehl, Reisspelzen, Stroh, Sulfitabwässer der Zellstoffwerke. Während bisher der Zellinhalt vergoren wurde, will man jetzt die Zellwände, den Zellstoff in Alkohol verwandeln und nutzbar machen. Der Verfasser schließt mit deutlichem Widerwillen: „Den Menschen erwartet sodann noch eine weitere Langmutprobe, nämlich der Genuß des synthetischen Branntweins" (S. 239). An dieser Stelle gebraucht MAURIZIO den Ausdruck „Holzgeist" für den Zellstoffsprit; das ist zu beanstanden, denn „Holzgeist" ist der alte, noch gebräuchliche Name für Methanol.

Als ältesten der benutzten Gärungserreger nennt MAURIZIO den Speichel. „Alle Naturvölker kennen den Vorteil des Einspeichelns, das rasch — explosionsartig, sagt heute der Chemiker — die Stärke verzuckert, so die Gärung einleitet. Wohl das urtümlichste dafür erhaltene Zeugnis ist die Bereitung der Tschitscha und des Pombe" (S. 93). Die Tschitscha, „das lebende Urbier" Amerikas „von der gemäßigten Zone bis zu den Tropen", ist heilig, ist ein Kultgetränk. Es zeigt noch uralte Kennzeichen der Brauerei, die in ihren Anfängen überall gleich gestimmt gewesen ist. Die Tschitscha wird aus Mais hergestellt: „Die gequollenen oder gekeimten Körner trocknet man und röstet sie. Dann folgt das Einspeicheln der Körner. Überall sind es die Weiber, die sich damit abgeben, obgleich sie an den Gelagen weit weniger als die Männer teilnehmen. Sie spucken das Gekaute in ein Gefäß, gießen Wasser zu und lassen den Aufguß gären" (S. 96). — Für das uralte Reisbier Ostasiens, die Sake, wird eine Anstellhefe vom Bäcker bezogen, die als wirksame Bestandteile die Schimmelpilze Amylomyces Rouxii und Aspergillus oryzae enthält. In der Reishefe sind die Gärungserreger wie im Sauerteig des Brotes und in den Brot- und Bierhefen absichtlich angereichert.

Die gegorenen Getränke wurden seit alter Zeit gewürzt, wie die Nahrung überall gewürzt wird. „Wie bei den Speisewürzen geht die Entwicklung von mannigfachen Gewürzen zu einigen wenigen auserwählten" (S. 132). Für das Bier wurde in der Mitte des 18. Jahrhunderts der Hopfen die beherrschende Würze. „Die Getränkewürzen sind nicht bloße den Geschmack bessernde Mittel gewesen. Viele von ihnen gingen in die Liebes-, Zauber- und Giftgetränke ein. Wohl alle riechenden Pflanzen, wie die Doldengewächse und Lippenblütler, gelten beim Volke als Schutz gegen Dämonen" (S. 134). „Erst sehr spät hat der Mensch Freude an ‚reinem Geschmack' der gegorenen Getränke gewonnen, sich aber niemals von der altertümlichen Gesellschaft getrennt. Der Alkohol ist ihm zu schwach, er sucht in ihm außerdem, je nach Glaube und Neigung, besonderen Geschmack und Beize. Damit fällt der Mensch immer wieder in seine Kinderzeit zurück. Wenn nicht, so helfen wir uns mit dem Mischen der Cocktails" (S. 139). Den reinen Stoff, den „Geist" des Weines, erhielt man

erst durch eine vervollkommnete Destillation. Von der Geschichte des reinen Alkohols gibt MAURIZIO nur unzulängliche Bruchstücke. „Die Wissenschaft und die Destillation im Altertum und im Mittelalter" ist auf knapp zwei Seiten behandelt, das Buch beschränkt sich auf die gegorenen „Getränke".

Obgleich MAURIZIO in dem Abschnitt über den reinen Alkohol und die Destillation nicht gut beraten ist, gebraucht er hier starke Worte. Weil bei verschiedenen Naturvölkern der Gegenwart Destillierkolben einfachster Art im Gebrauch sind, zieht der Verfasser den Schluß, daß die Verfahren mit solchen Geräten durchaus altertümlich seien. „Nach dem soeben Gesagten erhellt zur Genüge, was von der landläufigen Behauptung, die Naturvölker hätten erst durch uns die Destillierkunst kennen gelernt, zu halten ist. Ebenso unrichtig ist die Meinung, diese Kunst sei im frühen Mittelalter verloren gegangen. Das mag für die wissenschaftlich betriebene stimmen, doch kaum für die ursprüngliche in der Überlieferung lebende" (S. 221). MAURIZIO vertraut außerdem gar zu sehr den oft recht trüben Quellen des mittelalterlichen Schrifttums, das von Fälschungen strotzt. „Wie die Buchgelehrten sich keinen Deut um den Brennhafen der Naturvölker gekümmert haben, so haben sie gar wenig die spärlichen doch bedeutungsvollen Quellen des Mittelalters beachtet, die ja auf die Barbarenzeit, wenn nicht auf früher zurückgehen. Einigen unter ihnen sind die Kelten die Erfinder der Destillation, die sie dann den Römern übermittelt haben, andere halten dies für eine willkürliche Annahme. So oder anders, ist es dennoch wahrscheinlich, daß sowohl die Kelten, wie die Germanen die einfache Brennerei gekannt haben" (S. 222). Selbst wenn man die Richtigkeit des Satzes zugibt: „Wären die Naturvölker der Schrift mächtig gewesen, da gäbe es ein Rauschen im Bücherwalde" (S. 222), selbst dann bleibt doch die höchst auffällige Tatsache bestehen, daß in den echten Schriften des Altertums und des frühen Mittelalters nichts von all den Brennverfahren zu finden ist.

Diese Einwände mußten gemacht werden, weil es schwer ist, die Wahrheit zu finden. Die Einwände sollen keineswegs den Wert des Buches herabsetzen, das die Aufmerksamkeit weiter Kreise verdient.

5. Technik und mechanische Praxis.

Die Grundlagen der Schattentechnik[1].

Die Güte einer Beleuchtung wird in sehr hohem Maße dadurch bestimmt, welche Schattenbildungen auf dem Arbeitsplatz eintreten. Da die Schatten sehr oft störend wirken, hat man eine Zeitlang völlig schattenfreie indirekte Beleuchtung für die ideale Arbeitsbeleuchtung gehalten. Daß dies ein Fehler war, hätte man schon aus dem Handbuch der physiologischen Optik von H. HELMHOLTZ entnehmen können; es war auch vom Beobachten des Mondes, vom Photographieren von Inschriften, Skulpturen, Personen usw. bekannt, so daß man sich wundern muß über die lange Dauer, während der diese unzweckmäßige Beleuchtungsart angewandt und immer wieder eingerichtet wurde. Es hat hierzu wohl beigetragen, daß zu jener Zeit die Verbesserung der Lichtquellen im Sinne immer höherer Flächenhelligkeit erfolgte, derart daß von jedem Quadratmillimeter Leuchtfläche mehr Licht ausging und die Einzellampe heller wurde. Für die Beleuchtung war das insofern gut, als man mit der Lampeneinheit „mehr Licht" auf den Platz geben konnte, insofern aber schlecht, als die stärkeren Einheiten sehr auffallende Schatten von jedem undurchsichtigen Ding gaben. Man übertrieb also in der Abwehr dieser Störung, wenn man die Schatten ganz beseitigte.

Die Unsicherheit der Beurteilung der Schatten, die sich in diesem Mißgriff besonders auffallend zeigt, suchte K. NORDEN zu überwinden und konnte 1919 einen Weg zeigen zur Messung der Schattenverhältnisse in den wichtigsten Fällen der Beleuchtungstechnik. Die Entwicklung der Beleuchtungsmesser gab ihm bald Gelegenheit, neue Wege zu finden. Das jetzige Verfahren beruht darauf, daß eine Reihe von Messungen gemacht wird, von denen eine die gesamte Beleuchtung E am Versuchsplatz liefert und jede folgende die Beleuchtung $(E - E_a)$, die übrigbleibt, wenn das unmittelbar von einer der Lampen auf den Beleuchtungsmesser fallende Licht durch einen Schirm passender Größe abgefangen ist. Das der Gesamtbeleuchtung gegenüber Fehlende ist die auf jene Lichtquelle unmittelbar zurückzuführende Teilbeleuchtung. Dasselbe mit negativem Vorzeichen wird die von jener Lichtquelle verursachte Beschattung genannt. Die Differenz, also das, was der Beleuchtungsmesser angibt $(E - E_a)$, wird Aufhellung des Schattens genannt. Außer der Differenz kommt auch das Verhältnis $-\frac{E_a}{E}$ in Betracht gemäß dem FECHNERschen Gesetz, welches sagt, daß für unser Empfinden nicht Unterschiede, sondern Verhältniszahlen entscheidend sind. Dieser negative Bruch heißt die Schattigkeit.

Macht man nun außer der Messung der Gesamthelligkeit so viele Messungen der Aufhellung, als (einzelne) Lichtquellen vorhanden sind, so bleibt ein Rest, der sich nicht abschatten läßt, weil er von zerstreutem Licht, z. B. der Wände herrührt. Damit ist auch dieses Licht erfaßt, dessen Meßbarkeit man bis dahin bestritten hatte.

Das sind die Grundlagen des Verfahrens, die auf den ersten Seiten des Büchleins dargestellt werden. Im weiteren befaßt es sich mit der Erzeugung der zu messenden Schatten, der wirklichen Ausführung und der Verwertung der Messungen. Oben sind nur die Grenzfälle der punktförmigen Lichtquelle und der großen zerstreuenden Wand-

[1] Bericht nach: Dr. K. NORDEN, Die Grundlagen der Schattentechnik. Berlin 1933. Union Deutsche Verlagsgesellschaft. 68 S., 23 Abb., 7 Tabellen. Preis kart. RM 4,80.

flächen genannt. Die wirklichen Leuchten, wie man sie heute anwendet, sind weder das eine noch das andere, sondern eine Zwischenform. Verfasser untersucht, wie groß Durchmesser und Abstand des Schirmes sein muß, damit die Messung noch ausführbar ist. Er leitet daraus einen Normalschirm (21 mm Durchmesser) in einem Normalabstand (45 mm) ab, der als „Schattenwerfer" z. B. am Bechsteinschen Luxmeter in den meisten Fällen dem Zweck entspricht und gibt Anweisung, wie man in den hiermit nicht zu bewältigenden Fällen verfährt.

Alle diese Messungen sind nur möglich, wenn das Meßfeld von einem Kernschatten bedeckt ist. Die neuen Selen-Sperrschicht-Zellen ermöglichen nun auch Messungen im Halbschatten. Dadurch kann auch der Helligkeitsabfall oder, um das Gegenstück davon zu nennen, die Weichheit der Schatten gemessen werden.

Wie man die Schattigkeit für verschiedene Beleuchtungsaufgaben zu wählen hat, darüber fehlt es noch an Erfahrung, weil man bisher nicht messen konnte. Als vorläufige Regel hat die Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft empfohlen, daß einerseits die Gesamtschattigkeit, d. h. die Summe aller oben definierten Schattigkeiten, wenigstens 20% der Beleuchtungsstärke, andererseits die größte Teilschattigkeit höchstens 80% sein soll. Für die Weichheit der Schatten ist noch keine Regel aufgestellt.

Verfasser zeigt an einigen Beispielen der Projektierung von Schattengrößen in praktischen Beleuchtungsanlagen, wieviel die bisherigen Ergebnisse schon nützen können, und er hat wohl recht, wenn er von der Mitteilung recht vieler Messungen an vorhandenen Anlagen großen Nutzen erwartet. Zum Schluß weist er in einem Kapitel „Formaufklärung durch Schatten" darauf hin, in welchen Richtungen die Schattentechnik noch weiter ausgebaut werden kann; hierbei zeigt er an einem Beispiel, wie beim Aussortieren ähnlicher Gegenstände ziemlich kräftige und nicht zu weiche Schatten förderlich sein können.

Der Beleuchtungstechnik werden mit diesem Buche, das die grundlegenden Arbeiten des Verfassers zu einer Gesamtdarstellung vereinigt, nicht nur neue Aufgaben gestellt, sondern auch im wesentlichen die Mittel zur Lösung der Aufgaben fertig in die Hand gegeben. Auch für den physikalisch-technischen Unterricht bietet das Buch breite Anregungen.

Anmerkung. Den Nutzen der Schatten zur Erkennung von Unebenheiten kann man mit dem Bechsteinschen Kugelepiskop zeigen. Vor etwa 9 Jahren zeigte mir ein Kollege, der mit diesem Bildwerfer weiße Muscheln und Schneckenhäuser vorführen wollte, daß infolge der allseitigen Beleuchtung jede Reliefzeichnung vollkommen verschwindet, aber sogleich sichtbar wird, wenn man durch eine im stumpfen Winkel geknickte kleine Pappwand dicht neben der Muschel von einer Seite her Schatten auf ihr hervorbringt.

Am Kugelepiskop ist inzwischen eine Verbesserung angebracht worden, die auf Überlegungen beruht, die mit denen der Schattentechnik eine gewisse Verwandtschaft haben. Dieser „Bildkessel" besteht aus einer inwendig mattweißen Kugel, in der drei Lampen angebracht sind. Von dem Licht, das nicht unmittelbar auf das untergelegte Bild gefallen ist, wird bei jeder diffusen Zurückwerfung ein Teil dorthin geworfen. Die Lichtausnutzung ist durch diese Anordnung sehr gut. Nun wirft aber der Teil der weißen Fläche, der dem Bilde nahe ist, viel Licht ins Objektiv, und hiervon gelangt ein beträchtlicher Teil nach mehrfacher Spiegelung an den Glasflächen auf den Bildschirm und hellt dort die ganze Bildfläche auf. Da nach dem Fechnerschen Gesetze nicht die Unterschiede, sondern die Verhältnisse der Helligkeit empfunden werden, erscheinen alle Kontraste vermindert, alle Farben verblaßt. Der Übelstand ist durch einen Hohlspiegelring beseitigt, der das Objektiv in sich selbst abbildet. Ohne den Lichtverlust, den ein schwarzer Ring verursachen würde, ist nun das richtige Aussehen der Bilder, die satte Farbwirkung, wieder hergestellt.

Seit einigen Jahren wird durch Vertrag mit der Firma Franz Schmidt & Haensch das kleine Kugelepiskop in vereinfachter, aber mit Spiegelung und recht gutem anastigmatischen Objektiv ausgerüsteter Form von der Firma Ed. Liesegang in Düsseldorf angefertigt und unter dem Namen Antiskop zu sehr niedrigem Preise geliefert. Für das Schulzimmer ziehe ich es allen anderen Episkopen vor. Zu den vielen sachlichen Vorzügen vor anderen Episkopformen kommt als ein für die Schule recht wesentlicher Vorteil, daß die Lampen eine sehr lange Lebensdauer haben und ihr Ersatz billig ist. *W. Volkmann.*

Untersuchung eines Einschaltdynamometers nach dem Differentialprinzip[1].

Nach einer kurzen Einleitung über Bauart, Zweck und Geschichte der Differentialdynamometer gibt W. Kautter die Beschreibung der Untersuchung eines an sich bekannten Dynamometers entsprechend Fig. 1, das die Drehrichtung der treibenden Welle mit Kegelrädern umkehrt und das Moment als Rückwirkung des Zahndruckes zu messen gestattet. Die verwendete Meßeinrichtung ist elektrisch und beruht im wesentlichen darauf, daß das Drehmoment von einer elektrischen Maschine durch das Dynamometer hindurch auf eine andere gleichartige übertragen wird. Die beiden elektrischen Maschinen waren fest erregt und die Last wurde mit einer kleinen Hilfsmaschine verteilt, deren Anker in Reihe mit dem einen Anker geschaltet war. Sie wurde von einem kleinen Drehstrommotor angetrieben und diente dazu, die Anker der beiden Motoren an verschiedene Spannungen zu legen.

Durch die gleiche feste Erregung haben die beiden zuerst erwähnten Maschinen die gleiche Drehzahl. Der Anker mit der höheren Klemmen-

[1] Vgl. den ebenso überschriebenen Aufsatz von Wolfgang Kautter im Ing.-Arch. 4, 35—42 (1933).

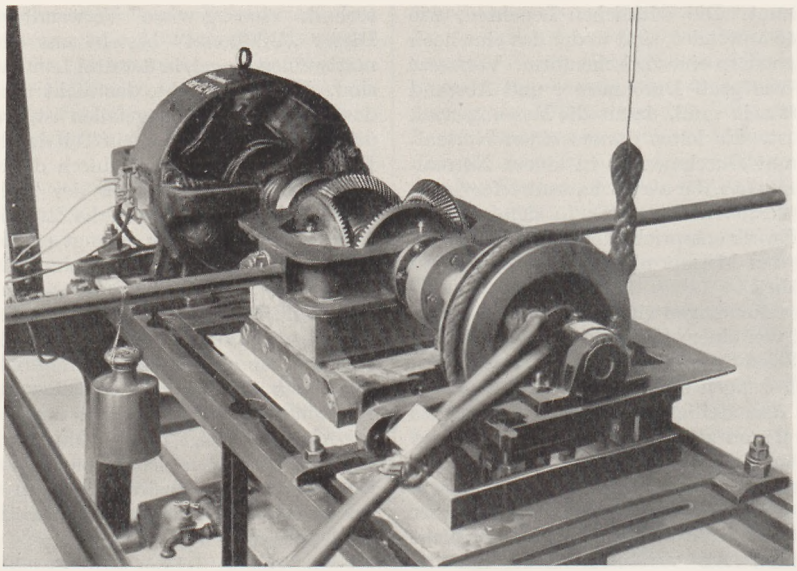


Fig. 1. Ansicht des untersuchten Differentialdynamometers.

spannung wirkt infolgedessen als Motor und der mit der niedrigeren als Generator. Fig. 2 zeigt die Meßschaltung. Der Strom, der zwischen beiden Ankern fließt, entspricht der umgesetzten Leistung. Der verhältnismäßig kleine Strom in der Zuleitung dient zur Deckung der Verluste. Die Feststellung und Berechnung der sonstigen Verluste werden besprochen und bei den weiterhin bekanntgegebenen

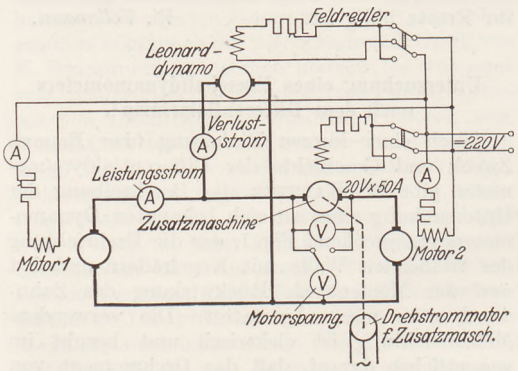


Fig. 2. Die Meßschaltung.

Meßergebnissen und Beobachtungen berücksichtigt. Es zeigt sich, daß die Verlustmomente, die in Fig. 3 in Abhängigkeit von den Mittelmomenten dargestellt sind, erheblich von der Drehzahl abhängen. KAUTTER ist der Ansicht, daß trotzdem die Genauigkeit des Differentialdynamometers für technische Messungen durchaus ausreichend erscheint. An einem Beispiel wird gezeigt, daß einem Moment von 250 cmkg bei 1100 Umdrehungen pro Minute ein Verlustmoment des Dynamometers von 19 cmkg entspricht. Das erscheint für ein genaues Messen doch reichlich hoch! Der Ansicht des Verfassers, daß die Meßgenauigkeit für praktische Zwecke vollkommen ausreiche, kann man sich nicht ohne weiteres anschließen, vor allem, wenn man bedenkt, daß in dieser Hinsicht an Dynamometer von den Fabriken schon recht

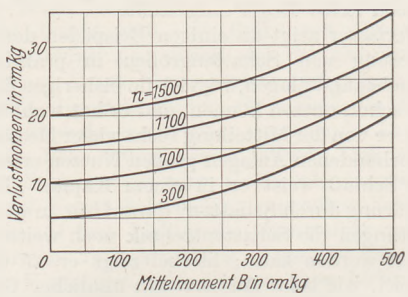


Fig. 3. Zusammenstellung der mittleren Verlustkurven des Differentialgetriebes.

hohe Anforderungen gestellt werden. Dagegen ist es durchaus möglich, daß ein solches Torsionsdynamometer durch wesentlich präzisere Ausführung an Genauigkeit erheblich gewinnen könnte. *O. Holm.*

Drehmomentzeiger[1].

K. REUSS gibt eine kurze Übersicht über die verschiedenen üblichen und möglichen Ausführungsarten von Drehmomentmessern. Anschließend werden zwei Sonderbauarten beschrieben, die auf Anregung von Prof. EMDE im Elektrotechnischen Institut der Technischen Hochschule Stuttgart vom Verfasser entworfen und erprobt wurden. Das Grundprinzip des Meßapparates zeigen die Fig. 1 und 2. Die Drehmomente einer Wasserbremse oder einer gleichartigen Bremsvorrichtung werden automatisch dadurch gemessen

[1] Vgl. den Aufsatz K. REUSS: Drehmomentzeiger. Ing.-Arch. 5, 25—35 (1934).

und angezeigt, daß sich das Seil der Anzeigevorrichtung, an dem das Gewicht G hängt, derart auf eine Kurvenscheibe auflegt, daß

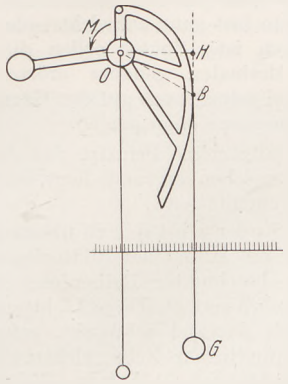


Fig. 1. Form der Kurvenscheibe.

jedem Drehmoment eine ganz bestimmte Winkelstellung des Meßinstrumentes entspricht. Der Hebelarm, an dem das Gewicht G wirkt, ändert

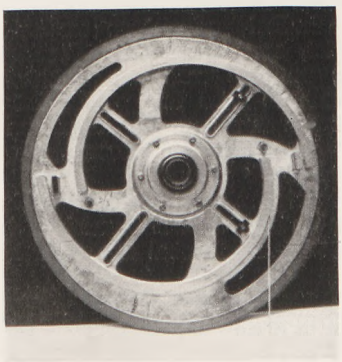


Fig. 2. Erste Ausführung der Kurvenscheibe.

sich automatisch mit dem Einstellwinkel. Vom Verfasser wurden die Anzeigegenauigkeit und die Fehlerquellen für zwei Kurvenausführungen (Kreis-

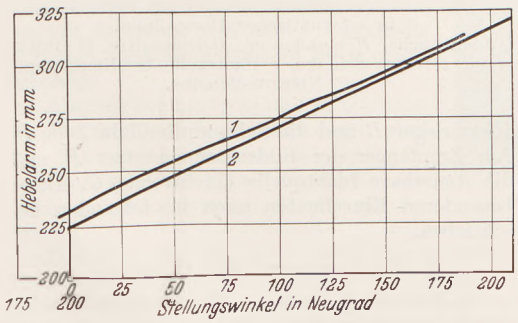


Fig. 3. Eichkurve für die Kurvenform: Kreisevolvente. Hebelarm der Kurvenscheibe, abhängig vom Stellungswinkel. *1* Eichung. *2* Rechnung.

evolvente und logarithmische Spirale) untersucht und bestimmt. Es ergeben sich sehr großer Empfindlichkeitsgrad und gute Anzeigegenauigkeit.

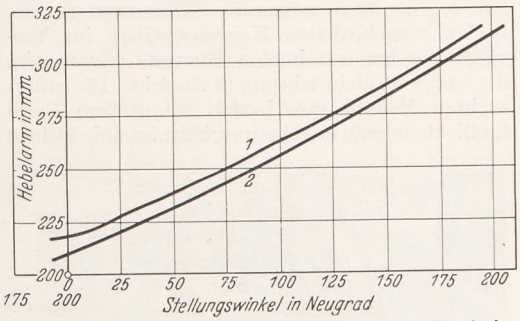


Fig. 4. Eichkurve für die Kurvenform: Logarithmische Spirale. Hebelarm der Kurvenscheibe, abhängig vom Stellungswinkel. *1* Eichung. *2* Rechnung.

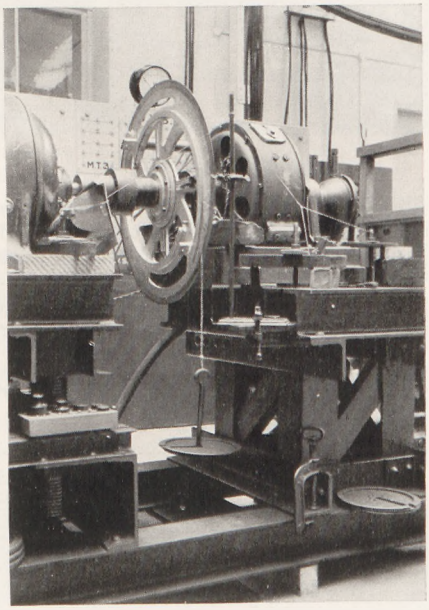


Fig. 5. Betriebsfertige Kurvenscheibe (erste Ausführung).

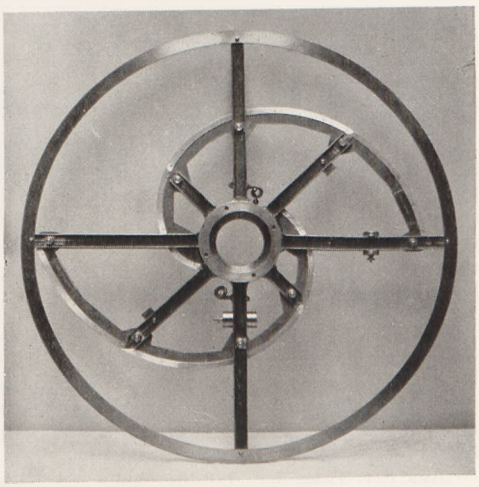


Fig. 6. Zweite Ausführung der Kurvenscheibe.

Die Fig. 3 und 4 zeigen die Eichkurven für die beiden verschiedenen Kurvenscheiben im Vergleich zu den errechneten Kurven. Fig. 5 zeigt die fertige Prüfeinrichtung in Ansicht. Die untersuchten Meßapparate hatten bei großem Empfindlichkeitsgrad nur einen verhältnismäßig kleinen

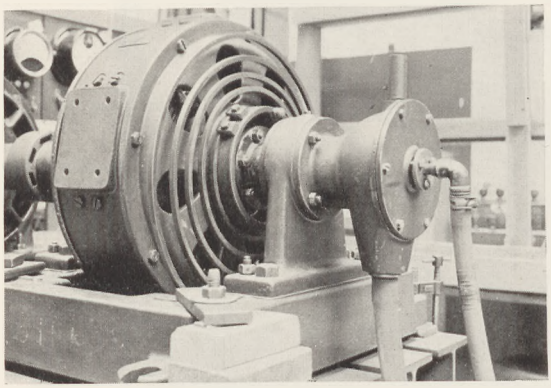


Fig. 7. Schneckenfeder.

Meßbereich. Deshalb ist eine weitere Kurvenscheibe mit größerem Meßbereich ausgeführt (Fig. 6), deren Erprobung jedoch noch aussteht.

Bei einem anderen Drehmomentmesser wird das Moment durch eine Schneckenfeder aufgenommen (Fig. 7), die eine sehr gute Charakteristik

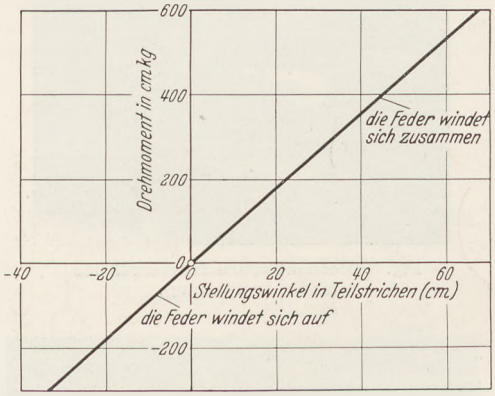


Fig. 8. Eichkurve für das Drehmoment der Schneckenfeder, abhängig vom Stellungswinkel. Querschnitt 9×9 mm², 4 Windungen. Werkstoff: Federstahl.

zeigt (s. Eichkurve Fig. 8). Ein gewisser Nachteil ist hier eine Nullpunktverstellung nach Beanspruchung der Feder in verschiedenem Drehsinn. Der Verfasser hofft, diesen Fehler durch eine andersartige Befestigung des Federendes beheben zu können. *O. Holm.*

Fernsehen. Ein Bericht über die Entwicklung und den gegenwärtigen Stand der verschiedenen Sender- und Empfängereinrichtungen. Von RUDOLF WEBER in Berlin-Karlshorst.

Aus der Tatsache, daß nunmehr ein halbes Jahrhundert an dem Problem der elektrischen Fernsehübertragung gearbeitet wird, geht hervor, daß hier ganz ungewöhnliche Schwierigkeiten vorliegen. Der Gang der Entwicklung zeigt, daß man von den ursprünglichen mechanischen Einrichtungen heute fast ganz auf elektrische Verfahren übergegangen ist. Später sollen die Probleme dieser Methoden genauer erörtert werden. Zuvor sei jedoch noch auf den Grundgedanken des Fernsehens eingegangen.

Das allgemeine Prinzip, das dem elektrischen Fernsehen zugrunde liegt, läßt sich etwa so zusammenfassen:

Am Sender wird das zu übertragende Bild (Urbild) mit Hilfe einer Bildzerlegungseinrichtung in bestimmter Reihenfolge in einzelne Lichtpunkte zerlegt. Diese Lichtpunkte, deren Helligkeit dauernd schwankt, rufen an einer lichtempfindlichen Zelle elektrische Ströme (Telegraphierströme) hervor, die den Helligkeitswerten entsprechen. Die Ströme werden verstärkt und in gleicher Weise wie die Mikrophonströme bei der Telephonie dem Sender zugeführt. Am Empfänger werden die Stromwerte wieder in Helligkeitswerte zurückverwandelt und mit einer Bildzusammensetzereinrichtung, die der Zerlegereinrichtung am Sender gleichgeartet ist, zusammengesetzt. Geschieht dieser Vorgang genügend rasch und wiederholt er sich fortlaufend, so wird infolge der Trägheit des menschlichen Auges am Empfänger das Bild am Sender vorgetäuscht, ein Vorgang, den man mit „Fernsehen" bezeichnet.

Fig. 1 zeigt schematisch das Verfahren. Die wesentlichen und für das Fernsehen charakteristischen Bestandteile sind also: Am Sender der

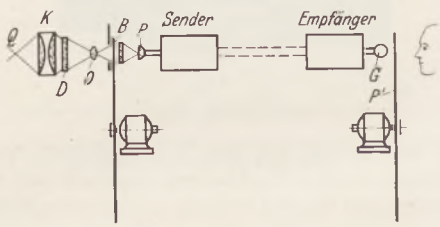


Fig. 1. Das allgemeine Prinzip des Fernsehens in schematischer Darstellung.
Q Lichtquelle, *K* Kondensor, *D* Diapositiv, *O* Objektiv, *B* NIPKOW-Scheibe, *P* Photozelle, *G* Glimmlampe, *P'* NIPKOW-Scheibe.

Bildzerleger *B* und die lichtempfindliche Zelle *P*. Am Empfänger der Bildzusammensetzer *P'* und die steuerbare Lichtquelle (Lichtrelais) *G*. Diese besonderen Einzelheiten seien im folgenden beschrieben.

I. Mechanische Bildzerleger.

a) NIPKOW-Scheibe. Die NIPKOW-Scheibe wurde bereits im Jahre 1884 von PAUL NIPKOW in Berlin erfunden und zum Patent angemeldet. Sie stellt die bekannteste und am meisten verbreitete Zerlegereinrichtung dar. Fig. 2 zeigt eine derartige Spirallochscheibe. Jedes einzelne Loch beschreibt bei der Drehung der Scheibe eine Linie, an die sich bei weiterer Drehung die nächste

usw. anschließt. Es werden oft sechseckige Löcher verwendet, wodurch eine bessere Überlappung der Zeilen eintritt.

Die Nipkow-Scheibe hat jedoch eine Reihe von Nachteilen. Bei der Güte der heute verlangten Fernsehbilder würde man eine große Anzahl

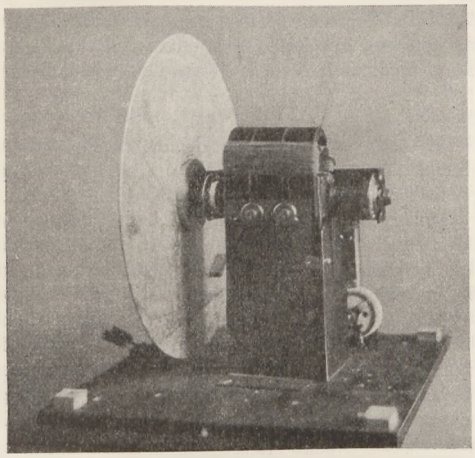


Fig. 2. Spirallochscheibe nach Nipkow mit Synchronmotor.

Löcher brauchen, die zu unhandlichen Dimensionen der Scheibe führen müßten. Die erzielbaren Bilder können aus demselben Grund ebenfalls nur klein gehalten werden. Diese beiden Gründe sind die Hauptursache dafür, daß die Nipkow-Scheibe heute als Bildzusammensetzer fast ganz zurückgedrängt worden ist.

b) Spiegelrad. Häufige Anwendung findet das bekannte Weillersche Spiegelrad (s. Fig. 3). Normale Glasspiegel sind am Umfang eines Rades derart justiert, daß jeder gegen den vorhergehenden um einen bestimmten Winkel geneigt ist, so daß bei einer Umdrehung des Rades genau wie bei der Nipkow-Scheibe die Bildfläche abgetastet wird. Das Spiegelrad hat den Vorteil, daß man bei kleineren Dimensionen weit größere Bilder erhält als mit der Nipkow-Scheibe. Gleichfalls läßt sich auch die Zeilenzahl noch etwas erhöhen.

Abarten der unter a) und b) beschriebenen mechanischen Bildzerleger sind die Linsenscheibe und die Spiegelschraube. Sie werden vornehmlich als Bildzusammensetzer am Empfänger benutzt.

Die Linsenscheibe stellt eine Art Nipkow-Scheibe dar, in die an Stelle der Löcher kleine Linsen treten. Die Lichtausbeute ist daher bedeutend größer. Bei Verwendung eines kräftigen Lichtrelais lassen sich bereits Projektionen mit einer derartigen Anordnung ermöglichen.

Eine neue Art von Bildzerlegern stellt die Spiegelschraube dar. Eine Anzahl Spiegellamellen sind auf einer senkrechten Achse übereinander angeordnet. Die Spiegellamellen sind alle parallel zur Rotationsebene und mit gleichen Winkeln gegeneinander verdreht, so daß sich die Form einer Wendeltreppe bzw. Schraube ergibt.

II. Aufnahmeverfahren.

Das bis jetzt allein denkbare Prinzip der Zerlegung des Bildes in Punkte ist bei allen Fernsehsystemen das gleiche. Ein besonderer Unterschied besteht senderseitig nur darin, ob direktes oder reflektiertes Licht verwendet wird.

a) Fernsehaufnahme von Filmen. Das Licht einer Bogenlampe, das durch ein Linsensystem zusammengefaßt wird, projiziert das zu übertragende Filmbild durch ein Objektiv auf eine der oben beschriebenen Bildzerlegereinrichtungen, beispielsweise eine Nipkow-Scheibe, die von einem Motor mit konstanter Drehzahl getrieben wird. Vor der Scheibe ist eine Blende zur Begrenzung des Bildfeldes angebracht, so daß sich immer nur ein Loch der Nipkow-Scheibe im Bildfeld befindet. Der einer bestimmten Stelle des Bildes entsprechende charakteristische Helligkeitswert wirkt nun durch das jeweils im Bildfeld befindliche Loch auf die hinter der Scheibe angeordnete Photozelle, die den Helligkeitswert in einen der Lichtstärke entsprechenden proportionalen Strom umwandelt; mit den verstärkten Lichtströmen wird der drahtlose Sender moduliert.

b) Unmittelbare Fernsehaufnahme. Mit der Anordnung, wie sie Fig. 4 darstellt, können unmittelbare Fernsehaufnahmen von Personen oder Gegenständen bei Tageslicht oder bei hellem künstlichen Licht ausgeführt werden. Mit Hilfe eines lichtstarken Objektivs wird hier wie bei der

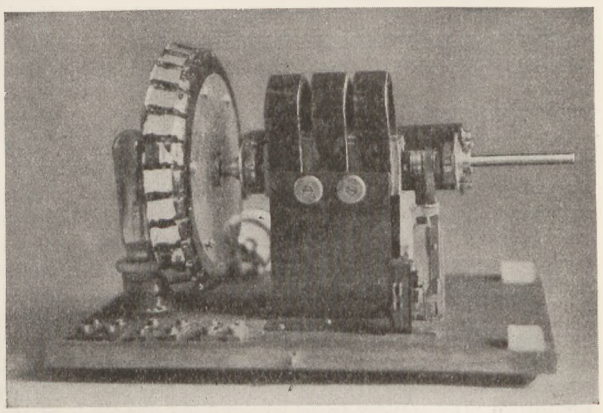


Fig. 3. Spiegelrad mit Antriebsmotor.

Photographie ein reelles Bild der zu übertragenden Personen oder des Gegenstandes auf die Nipkow-Scheibe geworfen, die sich an Stelle der Mattscheibe befindet. Die Zerlegung ist die gleiche wie beim Filmgeber. Infolge der geringen Lichtintensität im Vergleich zum Filmbild ist bei dieser Anordnung eine wesentlich größere Verstärkung als bei der Filmübertragung notwendig.

c) Lichtstrahlabtastsender. Die unter a) und b) beschriebenen Verfahren arbeiten mit

direktem Licht. Es kann aber auch indirektes Licht zur Einwirkung auf die Photozelle benutzt werden.

Das von einer hellen Lichtquelle ausgehende Licht wird durch einen Kondensor zusammengefaßt. Aus dem Lichtbündel wird durch die Löcher der NIPKOW-Scheibe jeweils ein Lichtstrahl herausgegriffen, der durch ein Objektiv auf die zu übertragende Person fällt. Bei der Drehung der NIPKOW-Scheibe durchläuft der Lichtstrahl

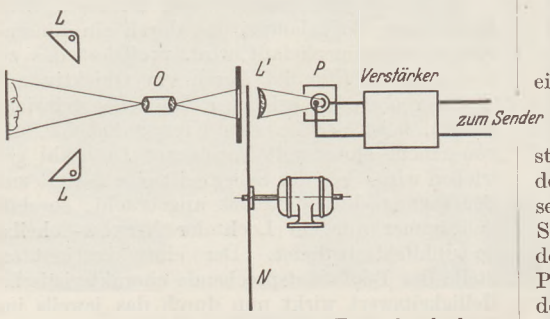


Fig. 4. Anordnung zu unmittelbarer Fernsehaufnahme. *L* Lampen, *O* Objektiv, *L'* Linse, *N* NIPKOW-Scheibe, *P* Photozelle.

eine Zeile des Bildfeldes bis zur seitlichen Ausblendung. Es folgen dann die zweite, dritte usw., die eine zeilenweise Abtastung des Objekts bewirken. Bei dieser Wanderung des Lichtstrahls wird jeweils eine gewisse Lichtmenge reflektiert, die der Eigenhelligkeit des zu übertragenden Gegenstandes an der betreffenden gerade belichteten Stelle proportional ist. Das

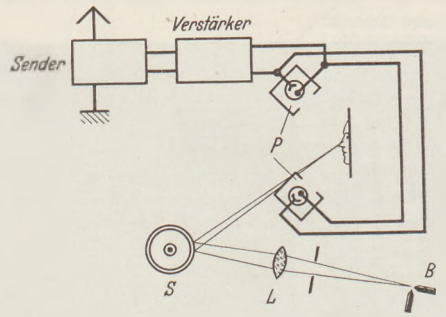


Fig. 5. Abtasten des Gegenstandes und Übertragung des reflektierten Lichts. *P* Photozelle, *S* Spiegelrad, *L* Linse, *B* Bogenlampe.

reflektierte oder indirekte Licht wirkt auf die Photozelle. Der weitere Gang ist dann der gleiche wie schon beschrieben.

An Stelle der NIPKOW-Scheibe kann unter Anwendung des gleichen Verfahrens auch ein Spiegelrad treten (Fig. 5). Dieses befindet sich hierbei im Strahlengang einer Lichtquelle und reflektiert den Strahl auf die fernzusehende Person. Es folgt auch hier entsprechend dem Vorgang bei der NIPKOW-Scheibe eine zeilenweise Abtastung.

III. Lichtelektrische Zellen (Photozellen).

Drei Arten von lichtelektrischen Zellen sind am meisten verbreitet: Die Alkaliphotozelle, die Widerstandszelle und die Sperrschichtzelle. Da in dieser Zeitschrift[1] bereits ausführlich über diese Zellen geschrieben worden ist, erübrigt es sich, noch einmal darauf einzugehen. Es sei nur so viel gesagt, daß die Widerstands- und die Sperrschichtzelle aus Gründen der Trägheit für das Fernsehen heute fast ganz ausscheiden. Die Alkaliphotozellen arbeiten dagegen fast trägheitslos und sind bereits so weit entwickelt, daß sie an Empfindlichkeit für das Fernsehen ausreichen.

IV. Fernsehempfänger.

Mit einer der oben beschriebenen Bildzerlegereinrichtungen wird das Urbild am Sender abgetastet und löst in der Photozelle einen den Änderungen der Helligkeit konformen Telegraphierstrom aus. Dieser Strom steuert das Lichtrelais des Empfängers. Mit Hilfe einer Bildzusammensetzereinrichtung, beispielsweise einer NIPKOW-Scheibe, die sich synchron und phasengleich mit der Zerlegereinrichtung am Sender dreht, wird Punkt für Punkt das lagengleiche Rasterelement der Sendebildfläche übertragen, und durch genügend häufige Reproduktion kommt deren sichtbare Fernübertragung zustande. Am Empfänger sind also die steuerbare Lichtquelle (Lichtrelais) und die Synchronisierungseinrichtung außer den schon eingehend beschriebenen Bildzusammensetzern bzw. -zerlegern die wichtigsten Bestandteile, die im folgenden betrachtet werden sollen.

V. Steuerbare Lichtquellen.

Das einfachste und bekannteste Lichtrelais für Fernsehzwecke zur Umsetzung von Stromschwankungen in Lichteindrücke ist die Glimmlampe. Da die physikalischen Grundlagen der Glimmlampe hinreichend bekannt sein dürften, erübrigt sich ihre Erörterung. Es sind jedoch eine Reihe Glimmlampen gebräuchlich, die eigens für Fernsehzwecke verwendet werden. Diese seien kurz zusammengefaßt.

a) Flächenglimmlampe. Für die Wiedergabe des Fernsehbildes mit Hilfe der NIPKOW-Scheibe ist die Flächenglimmlampe besonders geeignet. Ihre Kathode ist als Platte ausgebildet, die, um größere Helligkeiten zu erzielen, hochglänzend poliert ist. Die Anode hat die Form eines Rahmens und umschließt die Kathode in etwa 2 bis 3 mm Abstand. Die gesamte Glimmlichtfläche beschränkt sich auf die vordere Fläche und wird darum voll wirksam. Meist sind diese Lampen mit dem rötlich-gelb leuchtenden Neon-Heliumgemisch gefüllt. Die erzielbare Leuchtdichte beträgt etwa 0,03 bis 0,04 HK/cm². Bei einer nutzbaren Leuchtfläche von 35 × 45 mm, wie sie den Normen des Reichspostzentralamts entspricht, ergibt sich eine Gesamtleuchtstärke von 1 HK. Die Kapazität der Elektroden mit den Zuleitungen beträgt 8 cm. Die Zündspannung liegt durchschnittlich bei 170 bis 190 V, die Stromaufnahme, je nach der Helligkeit, zwischen 5 und 20 mA.

[1] Vgl. den Bericht von FR. MOELLER: Tonfilm, diese Zeitschrift **45**, 127 (1932).

b) Punktglimmlampe. Eine weit intensivere Lichtausbeute läßt sich durch Glimmlampen mit punktförmiger Beleuchtung in Verbindung mit dem WEILLERschen Spiegelrad erzielen. Während bei der Flächenglimmlampe bei jedem einzelnen Lichtpunkt die gesamte Kathodenfläche die Helligkeit eines einzelnen Bildpunktes erreichen muß, von der durch die NIPKOW-Scheibe nur ein kleiner Teil in das Auge des Beobachters kommt, genügt es bei der Punktglimmlampe, die Helligkeit in dem einen tatsächlich auch ausgenutzten Punkte zu erzielen. So lassen sich bei gleicher Gesamtlichtstärke wie bei der Flächenglimmlampe etwa 10 bis 20 HK/cm² erzielen.

Es sind bisher zwei grundverschiedene Konstruktionen dieser sogenannten Lichtspritze bekannt: Die Punktglimmlampe mit Hohlkathode und die Punktglimmlampe mit eingeschnürter anodischer Glimmsäule. Bei der ersteren dient ein Metallzylinder als Kathode, der die Entladung auf eine punktförmige Fläche konzentriert; die andere Ausführungsform verwendet meist eine Glühkathode und als Anode einen Ring. Die von der Kathode ausgehende Elektronenemission gestattet, das Glimmlicht schon bei verhältnismäßig kleinen Spannungen anzuregen.

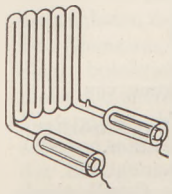


Fig. 6. Linienglimmlampe mit schlangenförmiger Leuchtröhre.

c) Linienglimmlampe. Ähnlich wie bei den Neonlichtreklamen wird bei der Linienglimmlampe eine langgestreckte anodische Glimmsäule, deren Entladungsrohr zickzackförmig hin- und hergebogen ist, ausgenutzt (s. Fig. 6). Durch eine Mattscheibe, die vor der Lampe befestigt ist, wird eine gleichmäßig leuchtende Fläche mit diffusem Licht erzeugt. Die Linienglimmlampe bringt bei Verwendung von Argon oder Quecksilber als Füllung eine 60 bis 70mal so große Lichtdichte als die Flächenglimmlampe. Sie ist aus diesem Grunde weit geeigneter für die NIPKOW-Scheibe. Nachteilig ist jedoch bei dieser Glimmröhre, daß zur Einleitung der Entladungen sehr hohe Spannungen nötig sind.

d) Natriumdampflampe. Eine erstaunlich große Leuchtdichte wird mit der neuen Natriumflächenleuchte erreicht. Sie besteht aus einem U-förmig gebogenen Glasrohr, in dem in zwei rechtwinklig dazu angeordneten Schenkeln die Glühkathoden untergebracht sind, deren eine als Kathode, die andere als Anode benutzt wird. In der Lampe wird die positive, im Natriumdampf arbeitende Säule wirksam und leuchtet eine Fläche von 2,5 × 4,5 cm aus. Die Leuchte wird noch durch eine zusätzliche äußere Beheizung mittels elektrischer Heizelemente auf die Betriebstemperatur 200° gebracht. In Verbindung mit der NIPKOW-Scheibe liefert die Natriumdampflampe Fernsehbilder von hervorragender Helligkeit. Die Aussichten für diese Lampe sind auch in Bezug auf ihre weitgehende Trägheitslosigkeit groß. Stromschwankungen bis zu 10^5 Hz werden mit ihr noch einwandfrei wiedergegeben. Ihre ursprünglich kurze Lebensdauer ist heute bereits bis auf etwa 200 Betriebsstunden gesteigert worden. Die Leuchtdichte bei der Betriebsspannung 220 V und der Stromstärke von 60 bis 100 mA beträgt 4 bis 6 HK/cm², die Gesamtlichtstärke 40 bis 50 HK.

e) Kerrzelle. Die Kerrzelle stellt eine völlig andere Art Lichtrelais dar, wie die bisher beschriebenen. Bei den genannten Lichtquellen wird deren Helligkeit von den Empfangsströmen direkt beeinflußt. Bei der Kerrzelle dagegen wird ein von einer konstanten Lichtquelle herrührender Lichtstrahl von den Empfangsströmen gesteuert, d. h. mehr oder weniger abgeblendet. Es können darum sehr intensive Lichtquellen verwendet werden, die helle und große Projektionsfernsehbilder ermöglichen.

Der bekannte elektro-optische Effekt der Kerrzellen ist ebenfalls in dem hier bereits erwähnten Bericht ausführlich beschrieben[1]. Die Zelle ist hervorragend als Lichtrelais geeignet, weil sie bis zu den höchsten Steuerfrequenzen (10^7 Hz) noch trägheitslos arbeitet und fast leistungslos gesteuert werden kann.

Abschließend zu diesem Kapitel wäre noch die BRAUNsche Röhre als Lichtrelais zu nennen. Da aber heute die BRAUNsche Röhre bereits ein vollständiges Fernsehempfangssystem darstellt, soll später genauer darüber berichtet werden.

Im folgenden bleiben nun noch die Synchronisierungseinrichtungen zu erörtern.

VI. Synchronisierung.

Der synchrone und phasengleiche Lauf des Zusammensetzers (NIPKOW-Scheibe, Spiegelrad) mit der Zerlegereinrichtung am Sender ist, wie schon erwähnt, Bedingung für ein stehendes Bild am Empfänger.

Es werden im wesentlichen drei Verfahren für die Herstellung des Synchronismus angewendet.

a) Netzsynchronisierung. Bei Wechselstromnetzen, die vom gleichen Kraftwerk gespeist werden, läßt sich eine Synchronisierung auf sehr einfache Weise durch Verwendung von Synchronmotoren erzielen. Es sind dies meist Motore mit Käfig-Ankerwicklung oder Kollektor, die selbst anlaufen und dann mit konstanter Drehzahl vom Wechselstrom in Tritt gehalten werden. Werden beide, die Zerlegereinrichtung am Sender und der Zusammensetzer am Empfänger, mit derartigen Motoren betrieben, so laufen sie mit gleicher Drehzahl. Liegen jedoch Sender und Empfänger weit auseinander, so treten infolge ungleichmäßiger Belastungen des Netzes Phasenschwankungen auf, die den Synchronismus stören. Weiterhin ist dieses Verfahren auch nur dann anwendbar, wenn Sender und Empfänger am gleichen Kraftwerk angeschlossen bzw. wenn die Kraftwerke miteinander gekuppelt sind. Dies trifft jedoch keineswegs überall zu, da oft größere Städte, so z. B. Berlin, den Strom aus mehreren Kraftwerken beziehen.

Die Drehzahl der Synchronmotoren ist gegeben durch die Frequenz des Wechselstromes und durch

[1] Vgl. diese Zeitschrift 45, 124 (1932).

die Polzahl. Sie ergibt sich aus der Formel $N = f \cdot \frac{60}{p}$, worin N die Drehzahl pro Minute, f die Frequenz und p die Zahl der Polpaare bedeuten.

Bei der üblichen Frequenz von 50 Hz und einem vierpoligen Motor (2 Polpaare) würde sich demnach eine Drehzahl von 1500/min. bzw. 25 Bilder/sek. ergeben.

b) Synchronisierung mit Taktgeber. Unabhängig vom Netz läßt sich eine Synchronisierung durch einen örtlichen Taktgeber erreichen, der über ein phonisches Rad auf einen Motor in ähnlicher Weise wie der Wechselstrom einwirkt. Als Taktgeber werden Stimmgabeloszillatoren oder Röhrengeneratoren verwendet, die eine hohe Konstanz besitzen müssen. Trotzdem läßt sich auf diese Weise keine einwandfreie Synchronisierung erreichen, weil es nicht gelingt, die Drehzahl am Empfänger mit der am Sender über längere Zeit in Übereinstimmung zu erhalten. Es tritt selbst bei großer Konstanz des Taktgebers ein langsames Wandern des Bildes ein, das einer dauernden Korrektur von Hand aus bedarf. Um dies zu vermeiden, müssen Sender- und Empfängerseite miteinander verkuppelt werden.

c) Synchronisierung mit der Zeilenfrequenz. Eine Verkupplung zwischen Sender und Empfänger ist indirekt durch die Zeilenfrequenz gegeben, wenn die an sich meist stark ausgeprägte Zeilenfrequenz auf den unter b) beschriebenen Taktgeber regelnd einwirkt. Der Taktgeber kann hierbei so eingestellt werden, daß er kurz vor dem Schwingungseinsatz steht, die Zeilenfrequenz löst dann die Schwingung aus. Er kann aber auch Eigenschwingungen, die der Zeilenfrequenz ungefähr entsprechen, ausführen. Die Eigenschwingungen werden dann von der Zeilenfrequenz mitgenommen.

Eine restlos befriedigende Lösung stellt dieses Verfahren jedoch auch nicht dar, weil bei starker Bewegung des übertragenen Bildes die Phase der Zeilenfrequenz beeinflußt wird, die ein Pendeln des Bildes zur Folge hat. Es bleibt nur übrig, unter Einschränkung der Bildgröße die beiden Bildseiten schwarz abzudecken, um eine scharf ausgeprägte Zeilenfrequenz zu erhalten, die von starken Amplituden innerhalb der Zeile wenig oder gar nicht in ihrer Phase verändert wird.

VII. Moderne Fernsehempfänger. Die Braunsche Röhre.

Die bisher beschriebenen mechanischen Bildzerleger- und Zusammensetzereinrichtungen haben heute, wie schon eingangs erwähnt, aus zwei Gründen mehr und mehr elektrischen Methoden Platz gemacht.

1. Die Schwierigkeiten bei der Übertragung hoher Bildpunktzahlen und Bildfrequenzen, die für detailreiche und flimmerfreie Bilder Erfordernis sind, wachsen bei mechanischen Einrichtungen derart, daß ihrer Anwendung sehr bald Grenzen gesetzt sind. Hauptsächlich sind es die präzise und damit kostspielige Herstellung und ferner ihre Dimensionen.

2. Zur Aufrechterhaltung des Synchronismus sind bei den mechanischen Bildzusammensetzern beträchtliche elektrische Leistungen nötig, die nicht ohne weiteres vorhanden sind.

Einen Fernsehempfänger, dem jegliches mechanische Beiwerk fehlt, stellt die Braunsche Röhre dar, zumal sie die beiden wesentlichsten Funktionen im Fernsehempfänger, die Helligkeitssteuerung und Zusammensetzung des Bildes, in einem System vereinigt.

Die von F. Braun bereits im Jahre 1897 angegebene und nach ihm benannte Röhre wurde früher nur zu oszillographischen Untersuchungen benutzt. 1906 schlug F. Dieckmann sie zum ersten Male zum Fernsehen vor. Andere Forscher, wie A. Wehnelt, haben weitere Verbesserungen, so z. B. den bekannten Wehnelt-Zylinder, an der Braunschen Röhre vorgenommen. Die heute für Fernsehzwecke benutzte Röhre besteht aus einem

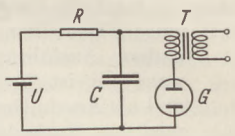


Fig. 7. Schaltung zur Erzeugung von Kippschwingungen.
U Spannungsquelle, R Widerstand, C Kapazität, G Glimmlampe, T Transformator.

Glaskolben, in dessen Innern die Oxydkathode, die von dem Wehnelt-Zylinder umgeben ist, eine Steueranode, eine Konzentrationsanode und zwei Paar um 90° gegeneinander versetzte Ablenkungsplatten angeordnet sind. Die von der Kathode ausgehenden Elektronen erzeugen im Konzentrationsfeld einen Kathodenstrahl, der durch die beiden Ablenkplatten hindurchtritt und auf dem gegenüberliegenden Fluoreszenzschirm einen grünlichen oder blauen Lichtpunkt, je nach Art des verwendeten Fluoreszenzmaterials, hervorruft.

Die Helligkeitssteuerung des Kathodenstrahls geschieht durch den Wehnelt-Zylinder, die horizontale und vertikale Ablenkung durch die Ablenkungsplatten. An den Wehnelt-Zylinder werden die empfangenen Bildströme in gleicher Weise wie an die oben beschriebenen Lichtrelais gelegt. Neu ist bei dem Fernsehempfänger mit Braunscher Röhre die Bildpunktverteilung, die mit Hilfe von erzwungenen Kippschwingungen bewerkstelligt wird.

Kippschwingungen entstehen dadurch, daß ein Kondensator über einen Widerstand aufgeladen und über eine Glimmlampe entladen wird. Fig. 7 zeigt eine Schaltung zur Erzeugung von Kippschwingungen. Der Kondensator C wird über den Widerstand R so weit aufgeladen, bis die Zündspannung der Glimmlampe G erreicht ist. Darauf setzt ein relativ starker Entladestrom über die Glimmlampe ein, und die Spannung am Kondensator fällt. Nach Erreichen der Löschspannung setzt die Entladung aus, die Spannung am Kondensator nimmt wieder zu, und derselbe Vorgang wiederholt sich. Die Form der Spannung hat den in Fig. 8 gezeigten Verlauf.

Die Schnelligkeit, mit der sich dieser Vorgang abspielt, ist im wesentlichen eine Funktion von C und R. Sie wird genauer gegeben durch die Formel $T \backsimeq C \cdot R \cdot \ln \frac{U-M}{U-U_z}$, worin T die Periode, C die Kapazität, R den Widerstand, U die Spannung der Stromquelle, M die Löschspannung der Glimmröhre und U_z deren Zündspannung bedeuten.

Für das Fernsehen ist es notwendig, daß der Kathodenstrahl mit gleichmäßiger Geschwindigkeit über den Schirm wandert, wobei das Zurückführen an den Ausgangspunkt bzw. an den Anfang

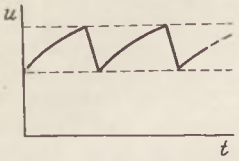


Fig. 8. Spannungsverlauf bei Kippschwingungen.

der nächsten Zeile möglichst schnell zu erfolgen hat. Der Spannungsverlauf der Kippschwingungen der oben beschriebenen Apparatur erfolgt jedoch nicht genügend linear. Besser wird darum der Widerstand R durch eine im Sättigungsgebiet arbeitende Elektronenröhre ersetzt, weil bei dieser der Sättigungsstrom unabhängig von der angelegten Anodenspannung ist und der Spannungsanstieg der Kippschwingungen damit geradlinig verläuft. Fig. 9 zeigt die verbesserte Kippschaltung.

Es sind für die BRAUNsche Röhre zwei derartige Kippgeräte erforderlich, das eine für die horizontale, das andere für die vertikale Ablenkung des Strahles. Die Geräte unterscheiden sich lediglich durch ihre verschiedenen Kippfrequenzen.

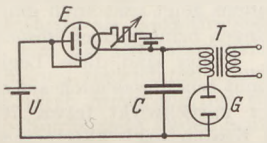


Fig. 9. Verbesserte Kippschaltung.
E Elektronenröhre.

Der synchrone Verlauf der Ablenkungsspannung erfolgt für die horizontale Ablenkung des Strahles durch die schon früher erwähnte Zeilenfrequenz, die vertikale Ablenkung durch die Bildfrequenz, die über einen Transformator T in Fig. 9 der Kippschwingung überlagert wird und diese auslöst. Zur besseren Hervorhebung der Frequenzen werden am Sender besondere Zeilen- und Bildimpulse nach jeder Zeile bzw. jedem Bild gesandt, die am Empfänger mit Hilfe eines besonderen Amplitudensiebes getrennt und an die beiden Kippvorrichtungen geführt werden.

Die BRAUNsche Röhre ist auch als Fernsehsender zur Übertragung von Filmen vorgeschlagen worden. Genau wie am Empfänger werden auch hier richtig gewählte Zeilen- und Bildfrequenzen an die Ablenkplatten gelegt, so daß auf dem Fluoreszenzschirm ein gleichmäßig beleuchtetes Rechteck entsteht. Dieses wird mit Hilfe einer Optik auf dem Film abgebildet, hinter dem sich die Photozelle befindet. Je nachdem, ob der Lichtstrahl eine hellere oder dunklere Stelle des Filmes passiert, gelangt mehr oder weniger Licht auf die Photozelle, die ihrerseits entsprechende Ströme auslöst. Da alle bis heute bekannten Fluoreszenzschirme die Eigenschaft haben, daß sie nachleuchten, werden jedoch verschwommene Bilder erzeugt. Außerdem ist die Helligkeit des Lichtfleckes auch zu gering, um ausreichend starke Ströme in der Photozelle zu erzeugen. Wegen dieser beiden Nachteile ist die BRAUNsche Röhre als Bildzerleger wenig geeignet.

VIII. Gegenwärtiger Stand und weitere Aussichten der Fernsehübertragung.

Auf der diesjährigen großen Deutschen Funkausstellung war genügend Gelegenheit geboten, die jüngsten Ergebnisse der Fernsehübertragung, insbesondere mit der BRAUNschen Röhre als Empfänger, zu beurteilen und zu würdigen. Trotz der wirklich schon detailreichen großen und hellen Bilder kann man sich nicht des Eindruckes erwehren, daß hier mit einem großen technischen Aufwande doch nur ein bescheidener Erfolg erzielt wird. Es scheint darum angebracht, zum Schluß dieses Berichts noch kurz auf einige Grundfragen der drahtlosen Fernsehübertragung einzugehen.

a) Bildpunktzahl, Welle und Dämpfungsverhältnisse am Empfänger. Die heute allgemein angestrebte Rasterfeinheit von mehr als 10^4 quadratischen Bildpunkten und einer Bilderzahl von 25 je Sekunde bringt bei dem bis zur Zeit allein denkbaren Verfahren der Punkt für Punkt erfolgenden Intensitätsübertragung Schwierigkeiten mit sich, an deren Lösung lange Zeit ernsthaft gezweifelt wurde. Die Schwierigkeiten liegen weniger, wie man zunächst annehmen könnte, in der trägheitlosen Lichtsteuerung und der notwendigen hohen Leuchtdichte, die, wie bereits ausgeführt, durch die Kerrzelle und die BRAUNsche Röhre gelöst ist, als vielmehr in der Notwendigkeit der Verwendung sehr hoher Trägerfrequenzen wegen der Dämpfungsverhältnisse schwingender Kreise.

Damit das empfangene Bild den Eindruck einer guten Photographie mache, sind — etwas hoch gegriffen — 200 Zeilen notwendig. Dies ergibt, wenn man der Einfachheit halber ein quadratisches Format zugrunde legt, $4 \cdot 10^4$ Bildpunkte. Bei 25 Bildern je Sekunde folgt hieraus die Modulationsfrequenz $f_m = \frac{4 \cdot 10^4 \cdot 25}{2} = 5 \cdot 10^5$ Hz. Dank der Fortschritte der Meterwellen und Röhrentechnik ist heute die Erzeugung großer HF-Leistungen von Wellen unter 10 m bis herab zu 5 m möglich. Aber nicht nur durch die am Empfänger auftretenden Schwingkreisbedingungen, sondern auch aus Gründen einer echo- und nachhallfreien Übertragung der Bildsignale ist die Verwendung von Meterwellen notwendig.

Der zur Zeit in Betrieb befindliche Berliner Fernsehsender arbeitet auf $\lambda = 7{,}5$ m. Soll bei

Verwendung dieser Welle (Trägerfrequenz $4 \cdot 10^7$ Hz) die oben errechnete höchste Modulationsfrequenz $f_m = 5 \cdot 10^5$ Hz noch durchkommen, so ergeben sich für die Schwingkreise am Empfänger logarithmische Dämpfungsdekremente von der Größe $d = 0{,}2$. Durch diese ungewöhnlich hohe Dämpfung wird jede Selektion und Verstärkung mit Röhren normaler Steilheit ($S = 2$ bis 3 mA/V) illusorisch. Erst durch die Verwendung extrem steiler Röhren oder weit kürzerer Wellen ($\lambda < 2$ m) würde man diese grundsätzliche Schwierigkeit lösen können. Gegenwärtig beherrscht man jedoch keine von beiden.

b) Niederfrequente Verstärkung der Bildsignale. Die Breite des Frequenzspektrums bei Fernsehübertragung ist sehr viel größer als beim Hörempfang. Das Spektrum beginnt mit der Frequenz Null und endet bei der höchsten Modulationsfrequenz. In mathematischer Form stellt es eine Fourierreihe dar. Die hohen Frequenzen bestimmen die Rasterfeinheit (Details) des Bildes, während die tiefen ihre Bedeutung für bewegte Darbietung haben, deren Periodizität langsamer als die Bildzahl je Sekunde verläuft, z. B. allmähliche Aufhellungen und Verdunklungen im Gesichtsfeld (Sonnenaufgang, ziehende Wolken u. dgl.). Die getreue Wiedergabe sowohl der hohen als auch der tiefen Frequenzen am Empfänger ist darum unerläßlich, weil das Auge ganz im Gegensatz zum Ohr weit höhere Ansprüche stellt. Diese Forderungen sind heute durch keine der bekannten Verstärkermethoden im vollen Maße zu erfüllen; insbesondere macht die Verstärkung der tiefsten Frequenzen $f \leq 1$ Hz große Schwierigkeiten, weil bei mehrstufigen Verstärkern beträchtliche Phasenverzerrungen auftreten. Leider wirken sich die Phasenverzerrungen gewöhnlich sehr kraß aus. Sie bringen unter anderem völlig andere oder gar entgegengesetzte Beleuchtung hervor und führen zu unnatürlicher Lichtverteilung, Nebelbinden, Ausfallzonen usw.

Dieser kurze Einblick in einige gegenwärtige Probleme des Fernsehens soll genügen. Er zeigt, daß die Forderungen, die insbesondere frequenztechnisch an die Fernsehgeräte gestellt werden, gegenüber den Hörempfängern unvergleichlich größer sind. Vermutlich werden noch jahrelange Entwicklungsarbeiten geleistet werden müssen, um unter wirtschaftlich tragbarem Aufwand befriedigende Ergebnisse zu erzielen.

Die 11. Deutsche Funkausstellung in Berlin. Ein Bericht zur Fortentwicklung der verschiedenen Geräte. Von FRIEDRICH MOELLER in Berlin-Tempelhof.

Dem offenbar sehr allgemeinen Verlangen der Funkhörer, möglichst viele Sender empfangen zu können, und einem zweiten scheinbar ebenso allgemeinen Wunsche, daß das Radiogerät in der Wohnung einen möglichst kleinen Platz einzunehmen habe, hat die Industrie, zum Teil sicherlich gegen ihren Willen, nachkommen müssen. In dieser Beziehung ist eine Entwicklung, die sich bereits seit mehreren Jahren vollzog, teilweise zum völligen Abschluß gekommen. Der Lautsprecher, der früher in der Regel einen Platz für sich beanspruchen durfte (was der Güte seiner Wiedergabe nur förderlich sein konnte), ist in allen auf der Ausstellung gezeigten Geräten zusammen mit dem Empfänger in das gleiche Gehäuse gebaut; nach Auskunft aus der Industrie sind getrennte Geräte nicht mehr verkäuflich. Allerdings bietet sich bei allen Apparaten die Möglichkeit, parallel zum eingebauten Lautsprecher einen zweiten Lautsprecher anzuschließen, der nach Wunsch in ein Gehäuse gesetzt oder auch mit einer Strahlwand versehen werden kann. — Im Empfängerbau hat entsprechend dem Bestreben, eine möglichst große Zahl von Sendern trennscharf empfangen zu können, der Superheterodynempfänger gegenüber dem Vorjahre noch an Raum gewonnen. — Über die technische Fortentwicklung der Lautsprecher und Empfänger seien im einzelnen nachfolgend einige Angaben gemacht.

Im Lautsprecherbau hat sich das elektrodynamische System (= Tauchspule im Erregerfeld) fast völlig durchgesetzt; ein Lautsprecher mit elektromagnetischem System findet sich in der Ausführungsform des „Freischwingers" nur noch im Volksempfänger, der in Preis und technischer Ausführung der gleiche geblieben ist. Bei den kleineren elektrodynamischen Typen hat das Bestreben, den zur Erregung des Feldes notwendigen Elektromagneten durch einen Permanentmagneten zu ersetzen, zu großem Erfolge geführt; während es im vergangenen Jahre noch nicht gelungen war, mit Permanentmagnet die magnetische Induktion (= Feldstärke) im Ringschlitz auf mehr als etwa 3500 Gauß zu bringen, sind heute Induktionen bis zu etwa 8000 Gauß erreicht worden; das ist dank einer neu gefundenen Aluminium-Eisenlegierung (Oerstit) möglich geworden, die große Remanenz zeigt und auch dauernd behält; Eisenlegierungen bringen noch immer neue Überraschungen. Leider sind diese Legierungen zur Zeit noch recht teuer, was auch auf den Preis der Lautsprecher zurückwirkt (etwa 70 Mk.), doch werden die Kosten nach allgemeiner Erfahrung sicherlich bald zurückgehen; es ist anzunehmen, daß sich für kleinere dynamische Lautsprecher die Permanenterregung bald völlig durchgesetzt haben wird. Bei fremderregten Lautsprechern sind die Feldstärken auf etwa 14000 bis 17000 Gauß getrieben worden; dadurch und durch eine Reihe anderer Verbesserungen — es sei hier nur erwähnt, daß der Sprechkonus heute aus einem Stück ohne Naht gepreßt wird —, ist der Wirkungsgrad der Lautsprecher gegen früher sehr erheblich heraufgesetzt, man spricht von 5fach besserer Röhrenausnutzung, so daß heute schon mit kleineren Röhrenleistungen (2 Watt) kleinere Säle gut besprochen werden können. — Die auf der Ausstellung gezeigten Empfängertypen können wie früher in zwei Arten eingeteilt werden (wobei allerdings am Schluß noch auf eine dritte Art hingewiesen werden muß): die verschiedenen Superheterodyngeräte benutzen alle zur weiteren Hochfrequenzverstärkung eine Zwischenfrequenz (je nach der Apparatur um 700 oder 2000 m herum),

während die sog. Geradeausverstärker die ursprüngliche Hochfrequenz bis zum Gleichrichter führen. Letztere Geräte sind den ersteren gegenüber deswegen im Nachteil, weil es bis jetzt noch nicht gelungen ist, für alle Frequenzen Bandfilter mit gleichbleibender Bandbreite zu bauen; bei den Zwischenfrequenzgeräten tritt wegen der konstanten Zwischenfrequenz diese Schwierigkeit nicht auf. Um ein Bandfilter mit steilstem Flankenabfall herzustellen, sind heute bisweilen schon Filter mit drei Kreisen im Gebrauch. Der frühere Nachteil der Zwischenfrequenzempfänger, daß die Herstellung der Zwischenfrequenz nur durch Gleichrichtung möglich war, ist inzwischen durch Erzeugung der Zwischenfrequenz im Multiplikationsverfahren in der Hexode beseitigt, so daß die lästige frühere Eigenschaft der Superheterodynempfänger, sehr störungsempfindlich zu sein, in Fortfall gekommen ist. Ein vollkommen neuer Teil in den größeren Empfängern ist die Diode, eine Röhre, die nach Art der alten Flemingröhre nur mit Kathode und Anode versehen ist, also als reiner Detektor wirkt. Im Sinne des modernen Sprachgebrauchs ist die Diode daher keine eigentliche Röhre, weil sie nicht verstärkt, sondern nur gleichrichtet; sie ersetzt das Audion bzw. die Anodengleichrichtung und besitzt gegenüber beiden den Vorteil, daß sie auch bei großen Wechselspannungen lineare Abbildung liefert. Da die Relaiswirkung des Gitters fehlt, braucht die Diode auch große Wechselspannungen (bis zu 100 V), die nur durch die neuen Mehrgitterröhren erzeugt werden können. — Um ein Beispiel zu nennen, besteht ein modernes Superheterodyngerät aus folgenden Stufen: Die Eingangsröhre (Hexode) wirkt zugleich als Hochfrequenzverstärker, als Generator für die Hilfsfrequenz und als Zwischenfrequenzerzeuger; es folgt eine Zwischenfrequenzverstärkerstufe, dann die Diode als Gleichrichter und endlich eine Endpenthode als Niederfrequenzverstärker; das Gerät wird als Dreiröhrengerät bezeichnet. Die Diode besorgt zugleich die Schwundausgleichregulierung durch Steuerung der Hexode. — In den meisten Empfängern finden heute nicht mehr die bisher üblichen Spulensätze Verwendung, sondern es werden Eisenkernspulen benutzt, die im Gegensatz zu den alten Spulen wegen der starken Induktivitätsvermehrung infolge des Eisenkerns winzige Abmessungen besitzen (etwa 1 cm Durchmesser). Die Benutzung von Eisenkernen ist durch Verwendung von feinstem Eisenpulver möglich geworden, das durch eine Isoliermasse zusammengehalten wird, wodurch Wirbel- und Hysteresisverluste auf ein Minimum herabgesetzt sind; die Dämpfung dieser Spulen ist weit kleiner als die der früheren eisenkernlosen Spulen. — Die einfacheren Empfänger bzw. Verstärker sind gegenüber den Heterodyngeräten in den Hintergrund gedrängt. Wer aber mehr Wert auf den guten abbildungstreuen Empfang eines lautstarken Senders legt als auf Vielempfang, dem genügt ein einfacher Empfänger ohne Bandfilter, damit nicht alle die natürliche Klangwirkung erst herstellenden hohen Frequenzen abgeschnitten werden; in bezug auf die Sauberkeit der Wiedergabe sind diese einfachen Geräte den trennscharfen Apparaturen weit überlegen. Diese Erkenntnis hat zur Entwicklung eines neuen Apparatetyps geführt, womit ein längst gehegter Wunsch der Staatlichen Hauptstelle in Erfüllung gegangen ist. Diese neue Apparatur dürfte für Schulzwecke große Bedeutung gewinnen. Hier fehlte stets ein Gerät, das bei bester Abbildung eine hinreichend große Lautstärke erzeugte, um eine größere Schulaula gut besprechen zu können, wozu nur ein möglichst einfacher Empfänger in Verbindung mit einem kräftigen Leistungsverstärker fähig ist; solche Geräte sind jetzt entwickelt worden[1], ihre Herstellung lag nahe, da die politische Entwicklung das Bedürfnis für größere Gemeinschaftsübertragungen stark in den Vordergrund gestellt hat. Die Schule wird diese Apparate um so lieber benutzen, als ihr Preis im Verhältnis zur Leistung außerordentlich niedrig ist und für die kleineren Apparaturen, die einen Saal für 500 Personen leicht ausfüllen, nur etwa 170 Mk. beträgt, wobei die Röhren eingeschlossen sind. Es muß allerdings betont werden, daß solche Geräte nur dort benutzt werden können, wo ein lautstarker Sender zur Verfügung steht. Auch diese Apparate werden leider mit eingebautem Lautsprecher geliefert, doch ist auch bei ihnen die Möglichkeit gegeben, einen zweiten Lautsprecher anzuschließen.

Nicht neue Gedanken im Verstärkerteil, sondern im Eingangsteil zeigt eine Empfängerform, die mit „Allstromempfänger“ bezeichnet wird. Bekanntlich haben alle Elektrizitätswerke, die noch mit Gleichspannung arbeiten, den Wunsch, ihre Teilnehmer so bald wie möglich auf Wechselspannung umzuschalten; die Umstellung wäre längst allgemein geschehen, wenn sie nicht erhebliche Kosten verursachte. Die Gefahr, daß eine baldige Umschaltung erfolgt, ist für den Teilnehmer heute stets vorhanden, wodurch ein normaler Gleichstromempfänger unbenutzbar würde. Diesem Mangel hilft der Allstromempfänger (besser wäre das Wort „Allspannungsempfänger“) ab, der an Gleich- und Wechselspannung ohne weitere Änderung arbeitet. Diese Apparate besitzen keinen Netztransformator, sondern eine Gleichrichterröhre, die bei Wechselspannung nur eine Phasenhälfte durchläßt; ist Gleichspannung vorhanden, so wirkt die Röhre als Vorschaltwiderstand. Hinter der Gleichrichterröhre ist eine Glättungsvorrichtung eingebaut, die nur bei Wechselspannung in Tätigkeit ist. Die Röhren der Apparate werden indirekt mittels einer Betriebsspannung von 20 V geheizt, wobei alle Heizfäden in Serie liegen; ein Vorschaltwiderstand dient zur genauen Einregulierung des Heizstromes. Der Allstromempfänger ist, soweit festzustellen war, vorläufig nur für größere Superheterodynempfänger entwickelt worden; ob er weitere Bedeutung gewinnt, hängt wohl im wesentlichen von der Schnelligkeit der Umstellung auf Wechsel-

[1] Die Staatliche Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht besitzt ein solches Gerät seit 7 Jahren.

spannung ab. — Neben den Superheterodyngeräten haben sich, wie schon bemerkt, die Geradeausempfänger mit mehrfacher Hochfrequenzverstärkung nur schwer behaupten können, doch werden auch diese Typen, die übrigens ebenso wie die Zwischenfrequenzempfänger zum Teil wieder mit Reflexschaltungen ausgerüstet sind, um Röhren zu sparen, noch gezeigt. Bei den Geradeausempfängern sind wohl 4 Röhren, bei den Superheterodynempfängern 5 Röhren (außer der Diode) die höchsten Röhrenstückzahlen, die heute benutzt werden. — Zur allgemeinen Ausrüstung der Apparaturen mag noch gesagt werden, daß auch hier wieder neue Formen entstanden sind. Als besondere Merkwürdigkeit sei eine Einstellungseinrichtung genannt, die den Empfang der Stationen nach Ländern ermöglicht. Stellt man auf das betreffende Land ein, dessen Sender man zu hören wünscht, so hört man nur diese, aber keine anderen. Es sind natürlich verwickelte Bauarten, die solche Handhabungen ermöglichen, sie können hier nicht beschrieben werden. — Eine besondere Sehenswürdigkeit auf der Ausstellung bildete die Herstellung des Volksempfängers am laufenden Bande, ein Aufbau, der unter der Leitung des Konstrukteurs des Volksempfängers O. Griessing ausgeführt war. — Die Reichspost zeigte Modelle ihrer Sendereinrichtungen und statistische Übersichten. Heer und Marine waren diesmal nicht vertreten, so daß die Ausstellung kleiner war als im vorigen Jahre.

Eine besondere Halle nahm die Fernseheinrichtungen auf, die die Reichspost im Verein mit zahlreichen Firmen zusammengestellt hatte. Da die Fernsehtechnik sich inzwischen stark entwickelt hat, ist darüber in dieser Zeitschrift von berufener Feder in den voraufgehenden Ausführungen von R. Weber, das Fernsehen (S. 272), besonders berichtet.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Kleine Physik für Drogisten zum Gebrauch in den Fachschulen und zum Selbststudium. Zusammengestellt von Otto Ziegler. VIII u. 61 Seiten, 53 Abbildungen. München: Josef Kösel & Friedrich Pustet. Preis geb. RM 1,35.

Das Buch stellt die einfachsten Vorgänge und Erscheinungen aus der Mechanik der festen, flüssigen und gasförmigen Körper und aus der Wärmelehre dar. Ein Anhang gibt eine Erklärung von Fachausdrücken aus dem Gebiet einfacher chemischer Arbeiten (Auflösen, Auswaschen, Emulgieren usw.). Das Buch ist für Drogisten bestimmt und trägt dem in Stoffauswahl und Darstellung Rechnung. Hervorzuheben ist, daß am Ende jedes kleineren Abschnitts der dargebotene Stoff in Form von kurzen Fragen wiederholt wird; dadurch wird der Schüler gezwungen, sich das Wesentliche ins Gedächtnis zurückzurufen. Die Formulierungen des Buches sind vom physikalischen Standpunkt mehrfach zu beanstanden. S. 10: „Jeder Hebel befindet sich im Gleichgewicht, wenn die Leistungen der Last und diejenigen der Kraft einander gleich sind." — S. 15 (beim Flaschenzug): „Was aber an Kraft gespart wird, geht an Weg oder Zeit verloren."

E. Lamla.

Aufgaben und Fragen aus der Physik (russisch). Von A. Zingher. 5. durchgesehene und ergänzte Auflage. 389 Seiten, 8°, 279 Abbildungen. Leningrad-Moskau: Staatlicher technisch-theoretischer Verlag 1933. Preis geb. Rbl. 5,75.

Die Aufgabensammlung von Prof. Zingher erschien erstmalig im Jahre 1912 und erlebte bereits vor dem Kriege mehrere Auflagen. Die vorliegende Auflage ist die fünfte im neuen Rußland, wo sich diese Aufgabensammlung einer recht großen Beliebtheit in den allgemeinbildenden höheren und besonders in den gehobenen technischen Schulen erfreut, da ein großer Prozentsatz der Aufgaben die verschiedensten Gebiete der Technik behandelt.

Neben einem kurzen Vorwort und einer allgemein gehaltenen Einleitung bezüglich der Lösung der Aufgaben finden wir ein kurzes Kapitel aus der Feder des bekannten russischen Pädagogen J. Perelmann über Rechnen mit angenäherten Zahlen. Entsprechend der üblichen Einteilung der Physik sind die Aufgaben in acht Kapitel gruppiert. Die letzte Aufgabe trägt die Nummer 1316, doch ist die Gesamtzahl der Aufgaben bedeutend größer, denn viele gleichartige Aufgaben sind unter derselben Nummer zusammengefaßt.

Die ersten 152 Aufgaben behandeln Übungen im Berechnen von Längen, Flächen, Räumen, Gewichten und Dichten. Die Beispiele sind den verschiedensten Gebieten entnommen. Neben astronomischen Größen finden wir die Abmessungen von Gebäuden, Längen von Riesen und Zwergen, Größen der roten Blutkörperchen verschiedener Tiere, Größen von Bakterien, Atomen, Molekülen usw. Dabei wird öfter auf die absoluten und relativen Fehler bei Messungen hingewiesen. Das zweite Kapitel enthält 392 Aufgaben aus der Mechanik, darunter 24 Aufgaben über die Eigenschaften der festen Körper und die Festigkeit der verschiedenen Werkstoffe. Das dritte Kapitel (90 Aufgaben) behandelt die Eigenschaften der flüssigen Körper einschließlich der Kapillarerscheinungen. Den Eigenschaften der Gase (51 Aufgaben) ist das vierte Kapitel gewidmet, der Wärme das fünfte Kapitel (147 Aufgaben). Besonderes Interesse erregen hier einige Aufgaben aus der Technik, wie z. B. die Berechnung des Wirkungsgrades von Dampfkesseln, die Analyse des Indikatordiagramms einer Lokomotive usw. Das sechste Kapitel behandelt die Akustik (74 Aufgaben), das siebente die optischen Erscheinungen (157 Aufgaben); nur 11 Aufgaben sind der Wellenlehre gewidmet, doch befinden sich unter den Aufgaben aus der geometrischen Optik einige schwierigere, die nicht ohne Anwendung der Differentialrechnung zu lösen sind. Das achte

und letzte Kapitel behandelt magnetische und elektrische Erscheinungen (256 Aufgaben). Nach dem Beispiel einiger amerikanischer Lehrbücher nennt Zingher die elektrostatischen Einheiten des CGS-Systems Es-Coulomb, Es-Ampere, Es-Volt usw. und die elektromagnetischen Einheiten des CGS-Systems Ab-Coulomb, Ab-Ampere usw. Solche Bezeichnungen hätten einen Vorzug, wenn sie allgemein anerkannt wären.

Im Anhang finden wir die Auflösungen (darunter auch einige Andeutungen, wie die schwierigeren Aufgaben zu lösen sind), eine Tabelle der physikalischen Konstanten, eine vierstellige Logarithmentafel und eine Hilfstabelle für die häufigsten Rechenoperationen im Bereiche von 1 bis 100. Angaben über physikalische Konstanten fehlen im Text vollständig. Der Schüler wird dadurch veranlaßt, selbst alle Größen mit der für die betreffende Aufgabe geforderten Genauigkeit den Tabellen zu entnehmen. Ihrer Schwierigkeit nach sind die Aufgaben sehr verschiedenartig. Besondere Zeichen neben der Nummer teilen die Aufgaben in drei Stufen. Zur ersten Stufe gehören die elementarsten Aufgaben; einige von ihnen dürften gar zu elementar genannt werden. Zur zweiten Stufe — die Mehrzahl — gehören solche, die dem Durchschnittskönnen eines höheren Schülers angepaßt sind. Die dritte Stufe endlich umfaßt einige wenige Aufgaben, die über den Rahmen der höheren Schule hinausgehen.

Das Buch enthält eine beträchtliche Zahl Abbildungen und Zeichnungen. Bei vielen von ihnen ist der Maßstab angegeben, damit der Schüler die Angaben, die er für die betreffende Aufgabe braucht, der Zeichnung selbst entnehmen kann. Mehrere Aufgaben, die die Erläuterung einiger Paradoxa bezwecken, bringt der Verfasser in der ungewöhnlichen Form eines Zwiegespräches zwischen Lehrer und Schüler. Bei der Auswahl der Aufgaben ist der Verfasser darauf bedacht gewesen, dem Schüler die Kenntnis vieler interessanter Tatsachen und Zahlen zu vermitteln und gleichzeitig alle gar zu schulmäßig ausgeklügelten Aufgaben zu vermeiden. Daß ihm das letztere nicht restlos gelungen ist, ist bei der beträchtlichen Anzahl der Aufgaben nur zu verständlich.

Man kann abschließend sagen, daß die vorliegende Aufgabensammlung eine der reichhaltigsten und orginellsten ist. Es ist daher zu bedauern, daß das Büchlein in einer Sprache erschienen ist, die nur einem verschwindend kleinen Teil westeuropäischer Leser geläufig ist. Sehr zu beanstanden ist außerdem, daß infolge der augenblicklichen Verhältnisse in Rußland die Ausstattung des Büchleins trotz seines ziemlich hohen Preises eine so schlechte ist, wie man sie in Deutschland zum Glück nicht kennt. Infolge des dürftigen Papiers und des äußerst schlechten Druckes können viele Abbildungen, auf die es in diesem Buch besonders ankommt, ihren Zweck nur mangelhaft erfüllen. *v. Horvath.*

Modern Physics. A Second Course in College Physics. By G. E. M. Jauncey. XVII u. 568 Seiten, 213 Abbildungen. London: Chapman & Hall Ltd. 1933. Preis geb. 22 sh.

In der Hauptvorlesung über Experimentalphysik können gerade die interessantesten Gebiete der Physik, nämlich die in voller Entwicklung befindlichen, nur ganz kurz gestreift werden. Naturgemäß ist das Interesse der Studierenden aber gerade auf diesen Gebieten besonders groß. Es war daher ein glücklicher Gedanke des Verfassers, eine Vorlesung für das zweite Studienjahr auszuarbeiten, in der eine Einführung in diese Gebiete gegeben wird. Der Verfasser behandelt u. a. Wechselstrom in komplexer Darstellung; Elektromagnetische Theorie der Strahlung; Eigenschaften bewegter Körper; Elektronik; Kinetische Gastheorie; Thermionik; Photoeffekt; Röntgenstrahlen; Bohrsche Theorie; Periodisches System und Struktur der Atome; Kritische Potentiale; Rundfunk und Fernsehen; Radioaktivität; Geophysik; Astrophysik; Relativitätstheorie; Spezifische Wärmen; Ultraschall; Quantentheorie und Wellenmechanik. Bei der Fülle des gebotenen Stoffes war eine möglichst knappe Darstellung der einzelnen Kapitel erforderlich. Die Art, wie trotzdem das Wesentliche scharf herausgearbeitet ist, zeugt von einem ungewöhnlichen didaktischen Geschick. Auch die Auswahl der Themen ist sehr glücklich gelungen. Trotz starker Betonung der Atomphysik kommt doch sehr zur Geltung, daß die moderne Physik nicht nur aus dieser besteht. Für den Hochschulunterricht lassen sich viele Anregungen aus dem Buch entnehmen. Der Referent hat z. B. in Übungen die in dem Buche enthaltenen Aufgaben ausgezeichnet verwenden können. Das Buch beginnt mit einem historischen Überblick, aus dem man den Eindruck erhält, daß alle wesentlichen Fortschritte in der Physik nur durch Engländer erfolgt seien. Entsprechend werden auch in den Kapiteln über moderne Physik die Namen deutscher Forscher möglichst vermieden. Diese Art „objektiver Geschichtsschreibung" ist bei englischen und amerikanischen Autoren leider sehr üblich.

Hiedemann.

Atomtheorie und Atombau. Von Karl Rast. 138 Seiten. Mit 28 Abbildungen. Leipzig: Johann Ambrosius Barth 1934. Brosch. RM 6,60.

Das Buch bildet die etwas erweiterte Niederschrift zweier Vorträge, die 1932 und 1933 gehalten wurden; die Vortragsform wurde der Einfachheit halber beibehalten. Der erste Vortrag behandelt: Existenz der Atome; Komplex der Loschmidtschen Zahl; Komplex der Radioaktivität, Atombausteine; Elektrovalenz und Komplex des Coulombschen Koeffizienten; Quantentheorie. Der zweite Vortrag bringt: Periodisches System, chemisch; Wasserstoffspektrum und Röntgenspektra; Auflösung der Bohrschen Gleichungen; weitere Quantenzahlen; Paulisches Verbot; Pauli-Ideale und reale Folge; Durchdringung bis zur ersten Störung; lange Perioden, längste Periode; Rückblick. In einem dritten Teil gibt der Verfasser Zusätze, z. B. über Massendefekt und Packungsbruch, über Neutronen,

Edelgaskonfiguration, homöopolare Bindung, Isotopie, Elektronen- und Protonenspin u. a.

Es handelt sich um Vorträge, die von einem Chemiker für Chemiker gehalten worden sind. Mathematisches bleibt ausgeschlossen. Auf Anschaulichkeit, Klarheit, leichte Verständlichkeit ist größter Wert gelegt. Die Sprache ist so frisch, klar, anschaulich und eindringlich, daß man das Buch, sobald man einmal mit dem Lesen begonnen hat, nur ungern wieder aus der Hand legt. Es ist oft erstaunlich, mit welcher Leichtigkeit der Verfasser den Leser in schwierige Materien einführt. Ich möchte die Lektüre des Schriftchens allen Chemikern aufs wärmste empfehlen, die einen Einblick in die moderne Atomtheorie gewinnen möchten, aber auch denjenigen unter den Physikern, die das interessante Gebiet einmal mit den Augen des Chemikers betrachten möchten.

Für eine spätere Auflage wäre ein ausführliches alphabetisches Register erwünscht. *Lamla.*

Struktur der Materie. Vier Vorträge von P. Debye. IV u. 50 Seiten, 21 Abbildungen. Leipzig: S. Hirzel 1933. Preis kart. RM 3,—.

Das vorliegende Büchlein enthält vier Vorträge, die der bekannte Leipziger Physiker in Deutschland wie in England und Amerika gehalten hat. Der erste Vortrag behandelt die „Interferometrische Vermessung von Molekülstrukturen." Die Strukturformeln der Stereochemie geben das chemische Verhalten der Stoffe so ausgezeichnet wieder, daß es nahe lag, die Struktur auch mit physikalischen Methoden nachzuprüfen und sie, wenn möglich, quantitativ zu erfassen. Die Atome jedes einzelnen Moleküls werden auftreffende Röntgenstrahlen beugen und Interferenzbilder liefern. (Zu berücksichtigen ist, daß die Atome nicht punktförmig, sondern ausgedehnt, mit einer Elektronenhülle umgeben sind.) In einem endlichen Körper addieren sich die Wirkungen der einzelnen Moleküle, falls man Wirkungen zwischen den Molekülen ausschließt; das tut man, indem man Gase untersucht. Aus den Interferenzbildern, die man z. B. am Dampf von Tetrachlorkohlenstoff (CCl_4) erhält, ist zu schließen, daß die Cl-Atome in der Tat an den Ecken eines regulären Tetraeders sitzen, dessen Seiten die Länge 3 Å haben. Werden ein, zwei oder drei Atome Cl durch H ersetzt, so wird das Tetraeder unregelmäßig. Ebenso ist beim Benzol die Lage der C-Atome an den Ecken eines regelmäßigen Sechsecks bestätigt worden, u. v. a. m. Man kann auch mit Kathoden- statt mit Röntgenstrahlen arbeiten.

Der zweite Vortrag hat das Thema „Die elektrische Struktur der Moleküle." Seit Faraday erklärte man die Polarisation eines Dielektrikums im elektrischen Feld dadurch, daß das Feld die Ladungen der kleinsten Teilchen gegeneinander verschiebt (in einatomigen Gasen also z. B. die Elektronenhülle gegen den Kern), daß also die Polarität durch Deformierung der Molekülstruktur entsteht. Vor etwa 20 Jahren schon hat Debye darauf hingewiesen, daß sich bei vielen Stoffen, z. B. HCl, die Ladungen im Molekül nicht völlig durchdringen, sondern daß das Molekül einem Dipol ähnlich ist. Ein solches „polares Molekül" wird durch das Feld ausgerichtet. Der Beitrag dieser „orientierenden Wirkung" wird offenbar um so kleiner sein, je größere Eigenbewegung die Moleküle haben, je höher also die Temperatur ist; durch Messung der Dielektrizitätskonstante ε bei verschiedenen Temperaturen kann man daher die Anteile der Deformierung und der Orientierung trennen. Der Versuch zeigt, daß in der Tat die meisten Moleküle „polar" sind. Die Dipolmomente sind von der Größenordnung 10^{-18} stat. Ladungs-Einh. cm. Der hohe Wert der Dielektrizitätskonstante bei Wasser z. B. ist darauf zurückzuführen, daß 95% seines Wertes durch die orientierende, 5% durch die deformierende Wirkung des Feldes bestimmt werden. Sehr schnellen elektrischen Schwingungen kann die Ausrichtung nicht mehr folgen; es bleibt im wesentlichen nur der von der Deformierung herrührende Anteil von ε. Das erklärt den Umstand, daß etwa beim Wasser $\varepsilon = n^2$ (wo n der Brechungsexponent für sichtbares Licht ist) weit kleiner ist als das elektrostatisch gemessene ε. CCl_4 und CH_4 haben kein Dipolmoment, was ihres symmetrischen Aufbaus wegen sogleich verständlich ist; dagegen hat z. B. CH_3Cl ein solches Moment. Berechnet man aus dem Moment des Monochlorbenzols C_6H_5Cl die Momente der drei verschiedenen Dichlorbenzole, so zeigt der Versuch damit recht befriedigende Übereinstimmung.

Der dritte Vortrag beschreibt sehr interessante Versuche über „die molekulare Struktur von Flüssigkeiten". Schon 1912 hat Debye der Ableitung seiner Formel über die spezifische Wärme fester Körper die Annahme zugrunde gelegt, daß im festen Körper stets ein ganzes Spektrum von Schallschwingungen vorhanden ist. Wenn sich die Flüssigkeiten nun ähnlich verhalten, so müssen bei Auftreffen von Licht Reflexionen an den Schallwellenfronten auftreten; da sich diese Fronten bewegen, entsteht ein Dopplereffekt. In der Tat läßt sich im gestreuten Licht (Rayleigh-Streuung) eine entsprechende Wellenänderung nachweisen. In Flüssigkeiten sind also ähnliche Koppelungen zwischen den Molekülen vorhanden wie in festen Körpern. In Übereinstimmung damit lehrt die Streuung von Röntgenstrahlen an flüssigem Quecksilber, daß die Quecksilberatome bestimmte Abstände (besonders 3,3 Å, in zweiter Linie 6 Å u. a.) bevorzugen, daß dagegen andere Abstände (z. B. 4,4 Å) sehr selten vorkommen. Erzeugt man in einer Flüssigkeit durch schwingende Quarze Ultraschallschwingungen (Wellenlänge einige 10^{-2} cm), so wird das Licht an den durch die Schallwellen erzeugten periodischen Verdünnungen und Verdichtungen reflektiert wie an einem Gitter; es entstehen Spektren. Die Methode kann zur Messung der Schallgeschwindigkeit und der Kompressibilität dienen.

Im letzten Vortrag spricht Verfasser über „die Struktur von Elektrolytlösungen". Es ist bekannt, daß die sog. starken Elektrolyte (deren Moleküle zum sehr großen Teil in Ionen zerfallen) der

thermodynamischen Berechnung der Gefrierpunktserniedrigung usw. große Schwierigkeiten machen. Die Annahme, daß bei höherer Konzentration der Prozentsatz der dissoziierten Moleküle sinkt, führt nicht zu einer quantitativen Erklärung der Beobachtungen. Nach der heutigen Theorie ist der Dissoziationsgrad stets viel näher an 100%, als man früher glaubte. Aber die Verteilung der Ionen ist nicht ganz unregelmäßig, sondern zeigt eine gewisse Struktur. In einer bestimmten Umgebung etwa eines positiven Ions werden sich im Zeitmittel mehr negative als positive Ionen befinden (wegen der Coulombschen Kräfte); man kann das so ausdrücken, daß sich ein Ion mit einer „Ionenwolke" umgibt. Der Ausdehnung der Wolke kann man einen Radius zuordnen, dessen Größe $10^{-8}/\sqrt{\gamma}$ cm beträgt, wo γ die Konzentration in Mol pro Liter ist. Bei starker Konzentration wird einmal die Wechselwirkung des Ions mit dem Lösungsmittel verändert, zweitens verstärkt sich die (rein Coulombsche) Wechselwirkung der Ionen untereinander. Hieraus erklärt sich, wie der Verfasser näher zeigt, die Änderung der Leitfähigkeit, der Gefrierpunktserniedrigung usw. mit der Konzentration usf. Der Vortrag schließt mit Hinweisen auf moderne Leitfähigkeitsmessungen.

Die vorstehende Inhaltsangabe läßt erkennen, daß die Vorträge sehr wichtige, für Physiker wie für Chemiker gleich bedeutsame und interessante Themen behandeln. Die Darstellung ist eingehend, sehr klar und anschaulich, ohne irgendwelche Fachkenntnisse vorauszusetzen. Ich möchte die Lektüre allen Lehrern der Physik und der Chemie warm empfehlen. Mancher Leser würde freilich wohl gern Hinweise auf weiter führende Arbeiten erhalten. Wenn nun auch in einem Vortrag naturgemäß nur Namen von Autoren genannt werden, so könnte doch bei einer zweiten Auflage vielleicht im Anhang ein Literaturverzeichnis beigegeben werden. *E. Lamla.*

Elementare Einführung in die Quantenmechanik. Von Karl K. Darrow. Aus dem Englischen übersetzt von E. Rabinowitsch. Band III der Sammlung: „Neue Probleme der Physik und Chemie", herausgegeben von Eugen Rabinowitsch. VII u. 123 Seiten, 5 Abbildungen. Leipzig: S. Hirzel 1933. Preis kart. RM 6.—.

Das Buch des amerikanischen Verfassers behandelt im ersten Teil Materiewellen und stationäre Atomzustände (einschließlich Ungenauigkeitsrelation und Bedeutung der Wellenfunktion ψ), im zweiten Teil Quantenmechanik, Emission und Absorption von Licht durch Atome (vor allem Matrizenmechanik). An einigen Stellen, insbesondere im Abschnitt über die Ungenauigkeitsrelation, hat der Übersetzer in verständnisvoller Weise den Text durch besonders gekennzeichnete Abschnitte erweitert. Zielsetzung und Darstellungsweise in dem Buch stimmen mit denen in der „Elementaren Einführung in die Wellenmechanik" desselben Verfassers überein [1. Auflage besprochen in dieser Zeitschr. **44**, 280 (1931); 2. Auflage in dieser Zeitschr. **46**, 224 (1933)]. Was Schrödinger von jenem ersten Buch und seiner Übersetzung sagte, gilt auch hier: Der „Charme der Ungelehrtheit" ist aufs glücklichste mit wissenschaftlicher Strenge und Tiefe vereint. Verf. besitzt in ganz seltenem Maße die Gabe, schwierigste Probleme mit den einfachsten Mitteln klar darzustellen, das Wesentliche herauszuheben und den Leser wirklich in die Tiefe zu führen. So ist ein Buch von hohem Reiz und großem Wert entstanden. Ganz gewiß ist es kein Lehrbuch der Quantenmechanik (die benutzten mathematischen Hilfsmittel sind sehr bescheiden); die Lektüre wird auch beim Leser nie das irrige Gefühl hinterlassen, er habe nun alle Einzelheiten und Feinheiten der Theorie kennen gelernt. Das Buch ist aber unbedingt allen denen zu empfehlen, die eine erste klare Einführung in die Begriffswelt der Quantenmechanik erhalten wollen, allen, denen es mehr auf ein Erfassen des Grundsätzlichen ankommt als auf die Einzelheiten der Durchführung. Ich glaube aber, daß darüber hinaus auch jeder, der sich bereits mit der Materie beschäftigt hat, das Buch nicht nur mit Genuß, sondern auch mit großem Gewinn lesen wird. Er wird nicht nur die Meisterschaft der Darstellung bewundern, sondern auch zu immer erneuter Auseinandersetzung mit dem Grundsätzlichen gezwungen werden. Charakteristisch für die Einstellung des Verfassers ist z. B. folgender Satz (S. 44): „Das Streben nach vollkommener Abstraktion, das einige Jahre hindurch in der Quantenmechanik vorherrschend war, erscheint den einen willkommen; andere aber versuchen, solange es nur irgend möglich ist, die Verbindung mit der Vergangenheit und mit der Anschauung aufrechtzuerhalten. Um Leuten dieser Art entgegenzukommen (und wie der Leser bemerkt haben dürfte, gehört der Verfasser selbst zu dieser Gattung), haben wir den Übergang von der Beschreibung der Wellen zur Formulierung von Wellengleichungen so lange wie möglich hinausgezögert."

Der Leser möge selbst nachlesen, wie ihm z. B. in dem Kapitel über die Koordinierung der Wellentheorie mit der Korpuskulartheorie der Verfasser mit aller Eindringlichkeit vor Augen führt, daß in der klassischen Wellentheorie keine der wichtigen Wellengrößen direkt meßbar ist: die Wellenlänge ist noch verhältnismäßig gut, aber auch nur indirekt (durch Interferenzen) feststellbar; die Phasengeschwindigkeit im materieerfüllten Raum ist nicht mehr meßbar (im Vakuum kann sie gleich c gesetzt werden); die Wellenzahl ν endlich ist eine völlig abstrakte Größe. Macht man sich jetzt auch von Elektronenstrahlen ein Wellenbild, weil diese Strahlen Interferenzen zeigen, so sind naturgemäß die Wellengrößen auch hier nicht direkt meßbar; dazu kommt, daß die Phasengeschwindigkeit im Vakuum nicht gleich c ist. Dieses Beispiel soll nur andeuten, wie der Verfasser stets Neues mit schon Bekanntem verknüpft, wie er das Grundsätzliche in dem Vertrauten und Alten hervorhebt, dessen Schwierigkeiten uns manchmal gar nicht mehr recht zum Bewußtsein kommen, um die Schwierigkeiten des Neuen

daran zu erörtern. Es würde zu weit führen, hier noch mehr Beispiele dafür anzuführen. Hingewiesen sei nur auf die Behandlung der Ungenauigkeitsrelation und auf die treffliche, mit elementarsten Mitteln gegebene, von den Spektren ausgehende Deutung und Erklärung der Matrizenmechanik.

Das Buch verdient eine uneingeschränkte Empfehlung. *E. Lamla.*

Werner von Siemens, Leben und Werk eines deutschen Ingenieurs. Von Dipl.-Ing. Heinrich Happe. Mit 24 Abbildungen. Mathematisch-naturwissenschaftlich-technische Bücherei, Bd. 29. Frankfurt a. M. und Berlin, Otto Salle 1934. Preis geb. RM 3,20.

Wenn man heute mit Recht die Forderung erhebt, man solle unserer Jugend Vorbilder aufzeigen, ihr das Leben und die Verdienste solcher deutschen Männer nahebringen, auf die unser Volk stolz sein kann, so erfüllt der vorliegende 29. Band der Ma-Na-Te-Bücherei, der unserem großen Werner von Siemens gewidmet ist, ganz gewiß diesen Zweck, und jede Schülerlesebücherei müßte dieses Buch ihrem Bestande einfügen. In dem Bändchen wird in ansprechender Form eine kurze Darstellung seines Lebensganges und seines Lebenswerkes dargeboten. Es werden keine nennenswerten physikalischen Kenntnisse für die Lektüre vorausgesetzt, die kleine Schrift bringt vielmehr alles, was zum Verständnis erforderlich ist. Der Leser gewinnt so, obgleich das Büchein nur 120 Seiten umfaßt, einen ausreichenden Einblick in den Werdegang Werner von Siemens'. Er erfährt etwas über seine Jugendjahre und lernt die Einwirkung des militärischen Berufs auf die Gestaltung seines Lebensganges kennen. Obgleich seine Eigenschaft als Artillerieoffizier mancherlei Hemmungen in seiner Betätigung als genialer Erfinder und wissenschaftlicher Forscher mit sich brachte, so hatte doch anderseits dieser militärische Beruf auch manche Förderung bei seinen Bemühungen um die Vervollkommnung der Telegraphenapparate und deren Einführung für militärische Zwecke im Gefolge. Auch mancherlei Sorgen, die ihm, als dem ältesten Sohne durch die vielköpfige Familie erwuchsen, wurden durch die berufliche Tätigkeit erleichtert. Daß aber gerade trotz dieser Hemmungen sich sein Genie als Erfinder, als Techniker und als wissenschaftlicher Forscher durchzusetzen imstande war, zeigt, welch einzigartigen Mann unser deutsches Volk in Werner von Siemens hervorgebracht hat. Nachdem durch seine eifrigen und erfolgreichen Bemühungen um die Vervollkommnung der Telegraphenapparate und die wissenschaftliche Durchdringung der Vorgänge bei der Kabeltelegraphie die Überlegenheit des elektrischen Telegraphen über den optischen klar erwiesen war, nahm der Betrieb der Telegraphenbauanstalt, die er im Verein mit dem Mechaniker Halske gegründet hatte, einen solchen Aufschwung, daß Siemens als 33jähriger Offizier seinen Abschied vom Militär nahm, um ausschließlich sich seinen Erfindungen und Forschungen zu widmen. Zwar blieben auch Rückschläge nicht aus, denn bei der Konstruktion und Verlegung, namentlich von unterseeischen Kabeln, handelte es sich um völliges Neuland, bei dem jede Erfahrung bisher fehlte, das also erst erforscht werden mußte. Aber bald wurde Werner von Siemens in der ganzen Welt, selbst in dem mißgünstigen England, als der erste Sachkenner und Fachmann anerkannt und zu den umfassenden Kabellegungen, die damals einsetzten, als Leiter oder Berater herangezogen. Als Siemens dazu überging, auf eigenes Risiko der Firma Siemens & Halske Kabellegungen zu übernehmen, zog sich der vorsichtige Halske von der Firma zurück, wodurch allerdings das freundschaftliche Verhältnis zwischen beiden nicht gestört wurde. Mit Recht konnte sein Jugendfreund Emil du Bois Reymond in seiner Begrüßungsrede anläßlich der Aufnahme Werner von Siemens' in die Berliner Akademie der Wissenschaften die Worte sprechen: „Deine Werkstätten wurden für die Elektrizität das, was einst die Werkstätten Fraunhofers für das Licht waren — und Du selber wurdest der James Watt des Elektromagnetismus. Nun gebietest Du einer Welt, welche Du schufst. Deine Telegraphendrähte umstricken den Erdball. Deine Kabeldampfer befahren den Ozean. Unter den Zelten Bogen und Pfeil führender Nomaden, deren Weidegründe Deine Botschaften durchfliegen, wird Dein Name mit abergläubischer Scheu genannt." Gekrönt wurde sein Lebenswerk durch die Auffindung und Einführung des dynamo-elektrischen Prinzips in die Konstruktion der elektromagnetischen Stromgeneratoren. Gewaltig war das Staunen und die Bewunderung, als Werner von Siemens an einem Dezembertage des Jahres 1866 einer Versammlung der berühmtesten Physiker Berlins, unter denen sich Du Bois Reymond, Magnus, Dove und Riess befanden, auf dem Hofe des Fabrikgebäudes die mächtige Wirkung der ersten so unscheinbar aussehenden Dynamomaschine vorführte, wobei wohl alle die außerordentliche Tragweite dieser Erfindung ahnten. Zwar war noch eine gewaltige Kleinarbeit in wissenschaftlichem Sinne zu leisten, ehe alle Einzelheiten in der Wirkungsweise dieser neuartigen Maschine theoretisch durchdrungen waren, so daß die Starkstromtechnik ihren gewaltigen Aufschwung nehmen konnte, aber Werner von Siemens zeigte sich als der Mann, der sie zu meistern verstand.

Auch den weit in die Zukunft wirkenden Neugründungen Werner von Siemens', der Gründung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt und des Elektrotechnischen Vereins wird das Büchlein gerecht. Seine soziale und volkswirtschaftliche Tätigkeit als der für seine Angestellten und Arbeiter sorgende Großindustrielle und als Abgeordneter wird gewürdigt, ebenso seine Bemühungen um die Gestaltung eines brauchbaren Patentgesetzes.

Das Büchlein muß nicht nur technisch interessierten Volkskreisen und reiferen Schülern, sondern allen aufgeschlossenen Menschen zur Lektüre wärmstens empfohlen werden. Werner

von Siemens hat als gottbegnadeter Mensch einer mißgünstigen Welt die Achtung vor deutscher Arbeit abgetrotzt, und wir sind stolz, daß er ein Deutscher war. *Steindel.*

Carl Wilhelm Scheele. Sein Leben und seine Werke. Von Otto Zekert (Wien). Herausgegeben von der Gesellschaft für Geschichte der Pharmazie. 33+41+303 Seiten mit zahlreichen Abbildungen. Mittenwald (Bayern): Arthur Nemayer 1931 bis 1934. Geh. RM. 12.—; geb. RM. 15.—.

Es kann nicht oft genug gesagt werden, „daß große Menschen ein bildender Umgang sind, in welcher Weise man sich auch mit ihnen beschäftigen mag" (Thom. Carlyle: Helden und Heldenverehrung). In diesem Gedanken liegt der tiefere Grund für die liebevoll eingehende Arbeit Zekerts über C. W. Scheele, der als Mensch und als Forscher immer bewundernswert bleiben wird, „um dessen Landsmannschaft sich Teutsche und Schweden zu zanken eine Ehre machen" (Brief von Johan Carl Wilcke an Scheele, 3. Juni 1784).

Den Lehrern und Erziehern sind Urteile der Zeitgenossen bedeutender Männer stets beachtenswert, um das eigene Denken und Handeln dem vorliegenden Stoff und der zu unterrichtenden Person gut anzupassen und vorschnelles Ablehnen scheinbar Unbegabter zu verhüten. Der Knabe „Carl Wilhelm war in Gefahr, unter Gleichaltrigen für den Einfältigsten gehalten zu werden." Er hat übrigens — entgegen der allgemeinen Annahme — ein Gymnasium nicht besucht. Scheele war einseitig hoch begabt, sein Freund Anders Jahan Retzius schrieb nach Scheeles Tode (1786) an den damaligen Sekretär der Akademie der Wissenschaften in Stockholm, an den Physiker J. C. Wilcke: „Sein Genie war ganz und gar für physische Wissenschaften geschaffen; für andere hatte er durchaus gar keinen Sinn. Daher ist es ohne Zweifel gekommen, daß er wenig begabt erschien, wenn es sich um andere Sachen handelte". Der durchdringende Blick für naturwissenschaftliche, insbesondere chemische Dinge ist wahrscheinlich ein Erbgut der Familie gewesen, denn ein älterer Bruder war ebenfalls Apotheker, und der jüngste war Arzt, der in seiner Doktor-Dissertation angab, er habe ursprünglich über ein Kapitel der Chemie disputieren wollen, weil er Chemie von frühester Jugend an mit besonderer Vorliebe betreibe, der Vater war Brauer und Kornhändler; im Elternhause verkehrten Arzt und Apotheker als Freunde. Zekert hat die Familienkunde der Scheele gründlich durchforscht. Der zeitgemäße Teil seines Buches mit der Familiengeschichte lag schon 1931 gedruckt vor, ist also nicht als Haschen nach Gunst zu werten. S. Gullström (Stockholm) hat das romanhafte Suchen und Finden eines verschollenen echten Bildes des jugendlichen Scheele beigesteuert.

Um zu zeigen, wie die Heilkunde in der Jugendzeit Scheeles viel abergläubischen Kram des ausklingenden Mittelalters mit neuzeitlich chemischem Forschen verband, hat Zekert das handschriftliche Arzneibuch des Johan Martin Scheele abgedruckt und erläutert. Dieses Vorschriftenbuch hatte Carl Wilhelm Scheele aus dem Nachlaß seines früh verstorbenen Bruders übernommen; es hat ihn auf allen seinen Wegen von Gothenburg nach Malmö, Stockholm, Uppsala, Köping begleitet. Durch die erklärende Wiedergabe dieses Buches und durch zeitlich geordnete Auszüge der Arbeiten Scheeles und seines Briefwechsels mit der Familie, mit Achard, Afzelius, Lorenz v. Crell usw. hat Zekert das bekannte, erfreulich oft erwähnte Werk von A. E. Nordenskiöld in wünschenswerter Weise ergänzt und ein lebendig bewegtes Bild vom Werden, Wachsen und Wirken des geistigen Helden gezeichnet. *R. Winderlich.*

Lehrbuch der Chemie und Mineralogie. Von A. Lipp. 3. Teil A: Organische Chemie, bearbeitet von E. Löwenhardt und J. Reitinger mit Anhang B: Grundzüge der Geologie von W. Löscher. 110 und 52 Seiten, mit 23 und 32 Abbildungen. Leipzig: B. G. Teubner 1933. Preis RM 2,60.

Teil A: Die organischen Verbindungen werden in der üblichen Weise, nach Körperklassen geordnet, besprochen. Dabei gehen die Verfasser fast stets von einfachen Versuchen aus, deren Ausführung genau beschrieben wird. Auf die Formel- und Konstitutionsbestimmung wird leider (selbst schon beim Methan) ganz verzichtet, es wird nur kurz mitgeteilt: „Genauere Untersuchungen ergeben..." Es wäre zu wünschen, daß derartige genauere Untersuchungen an einigen Beispielen oder auch gar nur an einem in einer künftigen Neuauflage durchgeführt würden. Abgesehen von diesem kleinen Einwand ist das Buch durchaus geeignet dem Unterricht in der organischen Chemie an höheren Schulen zugrunde gelegt zu werden, zumal auch nur das Wesentlichste aus diesem Gebiet behandelt wird.

Teil B: Nach einigen einleitenden Bemerkungen über den heimatlichen Boden bespricht der geologische Teil die am Erdaufbau beteiligten Kräfte und ihre Wirkungen. Versuche werden nur sehr spärlich angegeben, ihre Vermehrung wäre wünschenswert. Hieran schließt sich die besondere Geologie an, in der die verschiedenen Erdzeitalter mit ihren Formationen kurz skizziert werden. Bei der vom Verfasser gewählten systematischen Betrachtungsweise ist es nicht zu verwundern, wenn das Ganze etwas reichlich knapp erscheint. Eine noch größere Ausführlichkeit verbietet sich jedoch auch wieder im Hinblick auf die für die Geologie in der Schule verfügbare Zeit.

Ich sehe aus diesem Zwiespalt keinen anderen Ausweg, als überhaupt für die Schule auf eine Systematik zu verzichten, dafür aber die Betrachtungen und Untersuchungen in der heimatlichen Landschaft viel weiter zu treiben, als der Verfasser es angibt. Es ist klar, daß dabei zahlreiche Lücken in systematischer Beziehung bleiben, aber ich glaube, daß die dadurch erreichte Lebensnähe des Unterrichts diese Lücke mehr als ausgleichen wird. *R. Scharf.*

Kurzes Lehrbuch der anorganischen Chemie. Von Niels Bjerrum. Aus dem Dänischen übersetzt und deutsch herausgegeben von Ludwig Ebert. XII u. 356 Seiten mit 17 Abbildungen. Berlin: Julius Springer 1933. Preis geh. RM 7,50; geb. RM 8,30.

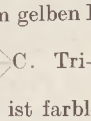
Der Aufbau des Buches ist nicht alltäglich. In einer Einleitung werden, ausgehend vom Begriff des chemischen Elementes, die wichtigsten Grundstoffe mit ihren Eigenschaften besprochen, hieran schließt sich ein Absatz über die geschichtliche Entwicklung des Elementbegriffes an, ohne allerdings bis zu den neuesten Anschauungen vorzudringen; diese werden erst später im Kapitel „Radioaktivität" mitgeteilt. Ein Kapitel über Säuren, Salze und Basen und eines über Neutralisation bilden den Schluß der Einleitung.

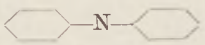
Am Anfange des Hauptteiles wird die Atomtheorie (im Daltonschen Sinne) behandelt, und zwar rein dogmatisch, ohne daß auf irgendwelche Beobachtungen Bezug genommen wird, wie es überhaupt ein Kennzeichen dieses Buches ist, daß Gesetze und Anschauungen nur mitgeteilt werden. Manchmal wird sogar der Anschein erweckt, als wenn sich die chemischen Reaktionen nach den Gesetzen zu richten hätten; z. B. steht auf S. 24: „Von vornherein könnte man annehmen, die Verbindungen könnten aus den Elementen nach allen beliebigen Verhältnissen zusammengesetzt sein. Die erwähnten stöchiometrischen Gesetze erlauben aber nur ganz bestimmte Zusammensetzungen, sie beschränken die Zahl der möglichen Verbindungen daher in bedeutendem Maße." Hieran schließt sich eine Besprechung des Gesetzes der konstanten und der multiplen Proportionen an und weitere Teile der allgemeinen Chemie.

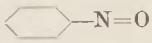
Nachdem so auf etwa 50 Seiten die Theorien mitgeteilt worden sind, beginnt der spezielle Teil des Buches. Der größere Teil davon wird, unterbrochen durch die Ionentheorie (Brønstedtsche Behandlung der Säuren-Basen-Systeme), auf die Besprechung der Metalloide verwandt, dann folgen die Metalle. In diesem speziellen Teil wird häufig auf die Erfordernisse der Landwirtschaft Bezug genommen.

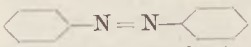
Danach wäre das Buch hauptsächlich den Studierenden an landwirtschaftlichen Hochschulen zu empfehlen, besonders als Repetitorium für das Examen. Als eigentliches Lehrbuch kommt es wohl mit Rücksicht auf seine methodisch-didaktische Einstellung weniger in Frage. Wenn das Buch noch eine zweite Auflage erleben sollte, so wäre zu wünschen, daß einige Ungenauigkeiten und Unklarheiten abgestellt werden, auch sollte die neuere (Stocksche) Bezeichnungsweise für die verschiedenen Oxydationsstufen der Metallverbindungen angewendet werden. *R. Scharf.*

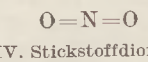
Organische Farbstoffe. Von R. Wizinger. Anleitung zum schrittweisen Eindringen in die Farbenchemie auf koordinationstheoretischer Grundlage. 4°, 80 und LXVII Seiten. Berlin und Bonn: F. Dümmler 1933. Preis kart. RM 9,80; geb. RM 11,80.

Wer als Nichtspezialist versucht hat, in die Theorie und Systematik der organischen Farbstoffe einzudringen, wird den Mangel eines ordnenden Prinzips wohl ebenso empfunden haben wie der Berichterstatter. Die verschiedenen Farbstoffklassen stehen unverbunden nebeneinander, und es fehlen gemeinsame Gesichtspunkte zur Erleichterung der Übersicht. Eine brauchbare und umfassende Theorie der Beziehungen zwischen Konstitution und Farbe schufen in neuester Zeit erst Dilthey und Wizinger, indem sie die bisher herrschende Wittsche Theorie auf Grund der Werner-Pfeifferschen Koordinationslehre wesentlich umgestalteten. Bei der Theorie von Witt waren die Chromophore ungesättigte Atomgruppen mit einer oder mehreren Doppelbindungen; nach der neuen „Bonner Theorie" sind die Chromophore koordinativ ungesättigte Einzelatome. So tritt z. B. ein einzelnes zentrales C-Atom als Chromophor auf, wenn es koordinativ ungesättigt ist, wie etwa in dem gelben Kohlenwasserstoff Triphenylmethyl Tri-phenyl-carbinol  da-gegen ist farblos, denn in ihm trägt das zentrale C-Atom vier Liganden, ist also koordinativ gesättigt. Ähnlich liegt es bei dem als Chromophor auftretenden koordinativ ungesättigten Stickstoff-Atom. Verbindungen mit koordinativ gesättigtem Stickstoff, also mit vier besetzten Liganden, sind farblos; auch solche mit einfach ungesättigtem N-Atom sind noch farblos oder wenig gefärbt. Erst koordinativ doppelt ungesättigter Stickstoff ruft Färbung hervor. Die folgenden Beispiele


I. Diphenylstickstoff, gelbgrün


II. Nitrosobenzol, blaßgrün


III. Azobenzol, gelbrot

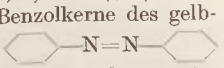

IV. Stickstoffdioxyd, braun

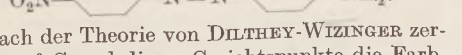
zeigen deutlich, daß für das Auftreten von Farbe der gleiche Grad der koordinativen Absättigung wesentlich ist, nicht aber etwa die Wertigkeitsstufe des N, noch das Vorhandensein von Doppelbindungen; denn I enthält überhaupt keine Doppelbindung, II und III besitzen je eine und IV besitzt zwei Doppelbindungen.

Nun sind koordinativ ungesättigte Atome zwar Chromophore, aber ihre Farbwirkung ist nur recht gering, wenn sie nicht gleichzeitig salzartigen Verbindungen angehören. Der zweite Hauptsatz der neuen Farbstoff-Theorie lautet daher: Der Übergang eines koordinativ ungesättigten Atoms, eines Chromophors, in den ionoiden Zustand bedingt sehr große Verstärkung der Lichtabsorption; d. h. intensive Farbstoffe liefern nur Verbindungen von salzartigem Charakter.

Die Auxochrome, das sind farbverstärkende Atomgruppen, haben ionogene Wirkung. Die neue Theorie unterscheidet drei Arten von Auxochromen: 1. positivierende Auxochrome (CH_3O—, HO—, H_2N—, C_6H_5—, NH— und Alkyle), sie

wirken farbvertiefend und farbverstärkend in positiven Ionen mit koordinativ ungesättigtem Zentralatom; 2. negativierende Auxochrome oder Antiauxochrome (—NO, —NO_2, >CO, —CN, >SO_2, —N=N—), sie begünstigen in der gleichen Weise den elektronegativen Zustand in negativen Ionen mit koordinativ ungesättigtem Zentralatom; 3. die amphoteren Auxochrome (die Aryle und die Vinylgruppe —HC=CH—) befördern das Ionoidwerden sowohl in positiven wie in negativen Ionen mit koordinativ ungesättigtem Zentralatom.

Die Farben aller nicht salzartigen organischen Verbindungen finden ihre Deutung durch den intramolekular ionoiden Zustand. Dieser wird hervorgerufen durch Einwirkung von positivierendem Auxochrom auf das eine und Einwirkung von Antiauxochrom auf das andere koordinativ ungesättigte Atom; dabei kommt es zu einem elektrischen Gegensatz der beiden Atome und damit zur Bildung eines mehr oder weniger ausgesprochenen Dipols. Die hauptsächlich in Frage kommenden Paare von koordinativ ungesättigten Atomen der nicht salzartigen organischen Farbstoffe sind: —N=N—, >C=C<, >C=O. Werden z. B. in die beiden Benzolkerne des gelborange gefärbten Azobenzols  entweder Auxochrome oder Antiauxochrome eingeführt, so wird die Farbe nur unerheblich vertieft. Sobald aber in den einen Kern ein Auxochrom (z. B. —NO_2) und in den anderen ein Antiauxochrom (z. B. —NH_2) eingeführt wird, entsteht ein satter braunroter Farbton:



Nach der Theorie von Dilthey-Wizinger zerfallen auf Grund dieser Gesichtspunkte die Farbstoffe in zwei Hauptklassen, nämlich 1. Farbsalze, 2. intramolekular ionoide Verbindungen. Die Unterteilung dieser beiden Hauptklassen in wenige Hauptgruppen geschieht nach der Natur der Chromophore. Die weitere Unterteilung geht aus von den mit den Chromophoren verbundenen Resten, z. B. der Zahl und Art der Arylgruppen, der Auxochrome oder Antiauxochrome, der Ringschlüsse durch —O—, —S—, N—R usw.

Die nach diesen Einteilungsprinzipien aufgestellte tabellarische Übersicht über die wichtigsten Farbstoffe umfaßt 63 Seiten und enthält alles Wesentliche zur Geschichte, Theorie und Praxis der einzelnen Farbstoffe. Die für ein wissenschaftliches Werk sehr preiswerte Schrift wird dadurch auch zu einem sehr leistungsfähigen Nachschlagewerk über die wichtigsten Farbstoffe.

Die obenstehenden Grundgedanken der vorliegenden Schrift sollen den Leser auf die außerordentliche Bedeutung der Bonner Farbstofftheorie hinweisen. Mit vollem Recht spricht der Verfasser im Vorwort die Hoffnung aus, daß die Schrift auch zur Bereicherung des Chemieunterrichtes an höheren Lehranstalten beitragen dürfte. Dem Chemielehrer an höheren Schulen wird auch der Abschnitt über den Färbeprozeß mit seinen zahlreichen Beispielen praktischer Färbevorschriften nach den herkömmlichen Methoden willkommenen Stoff für seinen praktischen und theoretischen Unterricht liefern können; dies um so mehr, als hier die Färbevorgänge erläutert und, soweit dies möglich ist, auch schon auf Grund der neuen Theorie erklärt werden. *Dm.*

Chemische Bindung als elektrostatische Erscheinung. Von A. E. von Arkel und J. H. de Boer. Deutsche, von den Verfassern autorisierte Ausgabe von Li Klemm und Wilhelm Klemm. Mit einem Geleitwort von Wilhelm Biltz. 320 Seiten mit 71 Figuren im Text. Leipzig: S. Hirzel 1931. Preis geb. RM 17,—.

Die chemische Bindung wird heute, wie Davy und Berzelius bereits vermutet hatten, für eine elektrische Erscheinung gehalten. Die Erklärung der Valenzkräfte auf Grund der klassischen Elektrostatik wird als abgeschlossen angesehen, so daß auf dieser Grundlage mit weiteren grundsätzlichen Erkenntnissen nicht mehr zu rechnen sein dürfte. Den Verfassern schien es daher an der Zeit, eine kritisch zusammenfassende Darstellung der elektrostatischen Theorie der chemischen Bindung herauszubringen, obwohl sie durch die neueste quantenmechanische Betrachtungsweise teils überholt ist und starke Einschränkungen auf der einen Seite und wesentliche Erweiterungen auf der anderen erfahren hat. Die quantenmechanische Betrachtungsweise dagegen ist noch im Ausbau begriffen und daher zu einer abschließenden Überschau noch nicht in dem gleichen Maße reif wie die elektrostatische Valenzlehre. Aus diesem Grunde wird die quantenmechanische Erklärung der Atombindung nur im Schlußkapitel des vorliegenden Werkes berührt, wo gezeigt wird, daß die elektrostatische Theorie die Bindung gleicher Atome in den Molekülen elementarer Stoffe oder von Metallen nicht zu erklären vermag. Doch wird hier kurz der Gang der quantenmechanischen Rechnungen und Überlegungen beschrieben, durch welche die Festigkeit unpolarer Verbindungen ebenso ihre Erklärung findet wie die chemische Bindung überhaupt.

Das Buch beginnt mit der Kosselschen Theorie und ihrer Anwendung auf die verschiedenen Ionentypen, denn diese Theorie bildet die Grundlage für die Betrachtung des vorliegenden Werkes. Sodann werden Moleküle und Kristalle behandelt und es wird die Anwendbarkeit der elektrostatischen Theorie auf Ionengröße und Kristallstruktur erwiesen. Nach der Bornschen Gittertheorie wird im 3. Kapitel die Berechnung der Gitterenergie durchgeführt und gezeigt, wie diese zu anderen Größen, z. B. der Bildungswärme und der Stabilität der Verbindungen, in Beziehung steht. Im folgenden Kapitel wird die Polarisierbarkeit oder Deformierbarkeit der Ionen und Verbindungen beschrieben und ihre Ermittlung aus der Molekularrefraktion abgeleitet. Kapitel 5 bringt die Berechnung der Dipolmomente von Wasser und Ammoniak. Aus den folgenden Kapiteln seien noch hervorgehoben: Die Eigenschaften der Koordinations-, Molekül- und Schichtgitter, der Einfluß der Polarisation auf die Kristall-

struktur und auf die Flüchtigkeit von Molekülgittern, die Komplexverbindungen, Hydratation und Hydrolyse, Erklärung der Säuren und Basen, Oberflächenenergie und Kristallform, Adsorption von Ionen, Stabilisierung und Ausflockung von Kolloiden durch Ionenadsorption, Adsorption von Gasen an den verschiedenartigsten Oberflächen.

Der Leser muß in der Tat, wie WILHELM BILTZ in seinem Geleitwort ausführt, gute physikalische Vorkenntnisse mitbringen, wenn er in das Werk eindringen will, denn die Grundlage der ganzen Theorie bildet die Elektrostatik. Die zahlreichen Literaturangaben kommen dem Bedürfnis nach weiterer Vertiefung entgegen, das sich beim Lesen der Schrift einstellt.

Das Werk, das aus Einzelaufsätzen in dem holländischen Chemisch Weekblad hervorgegangen ist, füllt eine Lücke in der chemischen Literatur aus, indem es das zerstreut veröffentlichte Material über die elektrostatische Valenztheorie geschickt zusammenfaßt. Die dem Text vorausgeschickte Zusammenstellung der wichtigsten Begriffe erfüllt sehr gut ihren Zweck, den Leser bei der Lektüre zu unterstützen, wenn ihm ein Begriff im Augenblick nicht gegenwärtig sein sollte. *Dm.*

Grenzflächenkatalyse. Von M. KRÖGER. VIII, 387 Seiten und 101 Abbildungen. Leipzig: S. Hirzel 1933. Preis geh. RM 10,50; geb. RM 12.50.

Das Buch enthält neben eigenen Arbeiten des Verfassers eine größere Anzahl Arbeiten seiner Schüler. Um zur Klärung der katalytischen Probleme beizutragen, werden eine Reihe physikalischer Untersuchungsverfahren in Anwendung gebracht. Messung des Gleichstromwiderstandes, Untersuchungen des dielektrischen Verhaltens, des Leitungs- und Verschiebungsstromes, der Änderung magnetischer Eigenschaften, der Änderung mechanischer Eigenschaften, Messung der Schallgeschwindigkeit und Schalldämpfung sind vorgenommen worden. Vermißt werden Messungen der Reaktionsgeschwindigkeiten und thermochemische Daten.

So interessant auch die Ergebnisse einzelner Arbeiten des vorliegenden Buches sind, so zeigt sich doch, wie schwierig sich aus solchen einzeln bearbeiteten Themen ein Buch von bestechender Einheitlichkeit schaffen läßt, ein Ziel, das auch hier nicht erreicht worden ist. Nach der Meinung des Berichterstatters hätten manche Arbeiten starke Kürzungen vertragen, die der Minderung des Buchumfanges ebenso hätten dienen können, wie einer sicherlich dankbar begrüßten Vervollständigung und kritischen Betrachtung.

Petzold.

Gußeisen-Gefügelehre. Von Professor Dr. Ing. MAXIMILIAN Freiherr v. SCHWARZ, München. 164 Seiten, 117 Abbildungen. München u. Leipzig: Fritz & Joseph Vogelrieder. Preis geh. RM 9.—.

In einer Einführung werden die elementaren Grundbegriffe der Metall-Legierungskunde besprochen und an Hand der bekannten Eisenkohlenstoff-Schaubilder die Zusammenhänge bei der Gefügebildung des Gußeisens beleuchtet. Hierbei wird selbstverständlich auf die Einflüsse andersartiger Beimengungen und Einschlüsse, wie Phosphor, Silizium usw. eingegangen. Im ersten Teil werden zunächst das Eisenkohlenstoffdiagramm und die Graphitbildung behandelt. Es folgen die Besprechung der Einflüsse von Silizium, Phosphor, Nickel, Aluminium und Schwefel. Der Gießtemperatur wird ein besonderer Abschnitt gewidmet. Im zweiten Teil werden die Herstellung und Untersuchung der Schliffe erläutert. Auch für den Nichtgießerei-Fachmann interessant sind die Erörterungen über das Vergüten und das Wachsen des Gußeisens. Ein Vorzug ist das sehr umfangreiche Verfasserverzeichnis, das dem Leser weiteres Quellenstudium wesentlich erleichtert.

O. Holm.

Korrespondenz.

Bemerkungen zu M. NIEMÖLLER, Freihandversuch zum Nachweise des Luftdrucks, 47, 164 (1934).

Von W. F. J. SITTARZ, Roldue in Holland, ist folgender Vorschlag eingegangen: Der Versuch läßt sich so ausführen, daß er nicht nur einfacher ist, sondern auch mehr überzeugend wirkt. Man schließt die U-förmig gebogene Röhre bei *b* mit einem Finger und führt dann erst den kürzeren Schenkel in den Standzylinder ein. Sofort entweichen bei *a* einige Luftblasen, bis der Druck in der Röhre sich ausgeglichen hat. Nimmt man dann den Finger von *b* weg, so strömt die Luft in den Standzylinder, bis das Wasser innen und außen gleich hoch steht.

Dr. H. LANGHAMMER in Delitzsch macht darauf aufmerksam, daß am Röhrenende *a* der Druck $(b—h_1)$ herrscht, wenn *b* den Barometerstand und h_1 die Höhe des Endes *a* über dem äußeren Wasserspiegel, gemessen in Zentimetern Wassersäule, bedeuten. Tritt Luft in den Standzylinder, so sinkt darin das Wasser bis $h_1 = 0$, d. h. bis das Wasser innen und außen gleich hoch steht.

Studienassessor O. STARKE in Uelzen schlägt vor, die U-Röhre durch einen Gummischlauch zu ersetzen. Durch Heben bzw. Senken des in Luft befindlichen Schlauchendes während der Entleerung des Standzylinders vereinigt er die beiden Versuche, einmal den kürzeren und das andere Mal den längeren Schenkel in den Standzylinder einzuführen. Die Entleerung muß langsam vor sich gehen. Das wird durch Verwendung eines Zylinders mit großem Rauminhalt und eines engen Gummischlauches erreicht; man kann auch in das im Wasser befindliche Ende eines weiten Schlauches eine Glasröhre mit Spitze einsetzen.